সুবোধকুমার মজুমদার

হীটট্রীটমেন্ট

হীট ট্রিটমেন্ট

সুবোধকুমার মজুমদার

ফার্মা কে. এল. মুখোপাধ্যায়
কলিকাতা :: ১৯৭৫

উৎসর্গ

পরম শ্রদ্ধেয় পিতা স্বর্গতঃ ডাক্তার সুরেন্দ্রনাথ
মজুমদারের চরণকমলে।

—মুখবন্ধ—

স্বর্গতঃ বিজ্ঞানাচার্য্য সত্যেন্দ্রনাথ বসু বলেছেন, "বাংলাভাষায় বিজ্ঞানচর্চ্চা করতে হলে হয়তো খানিকটা অসুবিধা দেখা দেবে, তবে সেই চর্চ্চা চল্‌তে থাকলে ভবিষ্যতে কোন বাধা থাকবে না।" অনুপ্রাণিত হয়ে শ্রদ্ধান্তঃকরণে এই ক্ষুদ্র প্রচেষ্টা সুরু করি। পুস্তকখানি লেখার প্রয়াসে আমি সাগ্রহ সহযোগিতা পেয়েছি বেঙ্গল ইঞ্জিনিয়ারিং কলেজের মেটালারজি বিভাগের প্রধান, ডাঃ এ. কে. শীল মহাশয়ের নিকট। এই নিরহঙ্কার কর্মব্যস্ত পণ্ডিত মানুষটি অতি যত্নে আমার লিখিত পাণ্ডুলিপি শুদ্ধ করেছেন। আমি তাঁর নিকট চিরকৃতজ্ঞ।

লেখক

Department of Metallurgy,
Bengal Engineering College,
P. O. Botanics, Howrah-3.

From : Dr. A. K. Seal, Ph. D., F. I. M. (London),
Prof. & Head of the Dept. of Metallurgy,
B. E. College, Howrah-3.

Ref : Met Date : 17. 3. 1975

Dear Sri Mozumder,

I am returning herewith your final manuscript. I have carefully gone through your manuscript and found it to be useful in its present form. I am sure that it will be of great help to our Bengalee artisans who are associated with Heat Treatment of Metals and Alloys.

With kind regards,

Yours Sincerely,
Sd/-A. K. Seal

ভূমিকা

মেটাল প্রসেসিং এর একাংশ হলেও আধুনিক ইঞ্জিনিয়ারিং শিল্পের দ্রুত প্রসার হওয়ার দরুণ—হীটট্রীটমেন্ট এখন একটা অতি প্রয়োজনীয় বিভাগ হিসাবে কল-কারখানায় গণ্য হচ্ছে। অভাব দক্ষ কর্ম্মীর। তার প্রধান কারণ, কারিগরী শিক্ষাকালীন হীট-ট্রীটমেণ্টের মৌলিক জ্ঞান, প্রথাপ্রকরণের উদ্দেশ্য শিক্ষানবীশদের আগ্রহ সৃষ্টি করে না। মেকানিকাল ইঞ্জিনিয়ারিং-এর এটি একটি রোমাঞ্চহীন নীরস শুষ্ক বিষয়। যতক্ষণ না কারিগর ধাতুবিদ্যার এই রহস্যময় দিকটির প্রতি আগ্রহশীল হবে, ততক্ষণ উপযুক্ত হীটট্রীটমেণ্টের অভাব অনুভূত হবে।

মেসিন পার্টস্ বা টুলস্ প্রস্তুত করতে গেলে যেমন বিভিন্ন প্রকার স্টীলের (ইস্পাত) প্রয়োজন, তেমন প্রয়োজন ওদের ওপর নানা রকম মেকানিকাল প্রপার্টিজ আরোপ করা। হীটট্রীটমেণ্ট করেই এইসব নানা প্রকার গুণ প্রদান করা সম্ভব। একজন ভাল হীটট্রীটার হতে গেলে ধাতুবিদ্যার মূল জ্ঞান থাকা বাঞ্ছনীয়। ধাতুবিদ্যার সম্ভাবনা আজ বিরাট, তার পরিধিও বিস্তৃত। মাত্র আকরিক ধাতুকে নিস্কাসিত করা বা পরিস্রুত করা আর মেটা-লারজির সীমা নয়। প্রসেসিং মেটলারজি ও ফিজিক্যাল মেটালারজি সেই সীমাকে আরও বিস্তৃত করেছে। পরিস্রুত ধাতুকে নানাপ্রকার আকারে রূপান্তর করা (ফোর্জিং, রোলিং, কাষ্টিং দ্বারা), হীটট্রীটমেণ্ট করা—এসবই মেটাল প্রসেসিং-এর অন্তর্ভুক্ত। ল্যাবরেটরীতে বিশদ পরীক্ষা নিরীক্ষা, ধাতুর ক্রিষ্টাল ষ্ট্রাকচার, ফিজিক্যাল ও মেকানিকাল প্রপার্টিজ প্রভৃতির অনুসন্ধান—ফিজিক্যাল ও মেটালারজির আওতায় পড়ে।

হীটট্রীটমেন্ট করার পূর্বে স্টীল ও তার এ্যালয় বিষয়ে একটা মোটামুটি ধারণা থাকা প্রয়োজন। স্টীল (ইস্পাত) প্রস্তুত হয় আকরিক লোহা পরিস্রুত করে। লোহা থেকে কার্ব্বন কমাতে কমাতে একটা বিশেষ পর্য্যায়ে আনলে তখন স্টীল (ইস্পাত) পাওয়া যায়। স্টীলে কতকগুলি বিশেষ গুণ পরিদৃষ্ট হয় যা লোহাতে অলভ্য। কাজেই লোহা ও ইস্পাত এক বস্তু নয়, যেমন কয়লা আর হীরা এক নয়। এক বংশ হইতে উদ্ভূত বলা চলে।

আধুনিক শিল্পে মাত্র গোটা ত্রিশ শুদ্ধ ধাতু (পিওর মেটাল্) প্রযুক্তিবিদ্যার চাহিদা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার ধর্ম্ম ও গুণের প্রত্যাশা মেটাতে না পারায় ধাতুবিদদের মিশ্রধাতুর (এ্যালয়) সন্ধানে নামতে হয়। শুদ্ধ ধাতুর উপর ঠাণ্ডা অবস্থায় কাজ করে (কোল্ড ওয়ার্ক) বা এ্যানিলিং করে কিছু মেকানিকাল প্রপার্টিজ পাওয়া যায়। কিন্তু এ্যালয়কে হীটট্রীট-মেণ্ট করে, হার্ড টেম্পার করে বহুরকম মেকানিকাল প্রপার্টিজ পাওয়া যায়। তরল অবস্থায় থাকাকালীন একটি ধাতুতে অপর একটি বা ততোধিক ধাতু মিশিয়ে, পরে তরল মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করলে একটি এ্যালয় তৈরী হয়। এ্যালয়টির তরল অবস্থায় প্রত্যেক উপাদান সাধারণতঃ সমসত্ব (হোমোজিনাস্) থাকে কিন্তু ঠাণ্ডা হয়ে কঠিন হবার সময় বহুক্ষেত্রে একাধিক অসমসত্ব (হেটরোজিনাস্) ঘন বস্তুতে পরিণত হয়। এদের চরিত্র বা গুণে অনেক পার্থক্য থাকে। এদের কলা (ফেজ্) বলা হয়। এ্যালয়ের সংযুতি, ধর্ম এবং হীট ট্রীটমেণ্ট করে প্রাপ্ত বিভিন্ন গুণ প্রযুক্তিবিদ্যার অনেক সমস্যা মিটিয়েছে। ধাতুতে ধাতুতে, এমনকি ধাতুর সাথে কার্ব্বন, সিলিকন, ফস্‌ফরাস্, বোরন, সালফার, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন মিশিয়ে মিশ্রধাতু প্রস্তুত হয়। কঠিন অবস্থায় এ্যালয়ের কলার

(ফেজ) নানা প্রকার রূপান্তর, হীটট্রিটমেণ্টের পথের ইঙ্গিত দিয়েছে।

২। স্টীল (ইস্পাত)

ষ্টীলকে একটা এ্যালয় বলা যেতে পারে। মূল উৎপাদন হল খাঁটি লোহা ও কার্ব্বন। একটা ষ্টীলের নমুনা (স্যাম্পল) ধরা যাক। সাধারণতঃ ষ্টীলে ২% এর বেশী কার্ব্বন থাকবে না। কার্ব্বনের পরিমাণ দেখেই ষ্টীল তালিকাভুক্ত হয়।

ই, এন—২ই/EN2E

কার্ব্বন—০.১৫%
ম্যানগানিজ—০.৫%
সিলিকন—০.৩৫%
সালফার—০.০৫%
ফস্‌ফরাস্—০·০৫%
বাকিটা খাঁটি লোহা।

ম্যানগানিজ, সিলিকন, সালফার এবং ফস্‌ফরাসের উপস্থিতি ভেজাল বলে গণ্য, কোন কার্য্যকরী মৌল উপাদান বলে নয়। ০.৮% এর বেশী সিলিকন এবং .১%এর বেশী ম্যানগানিজ থাকলে এদের এ্যালয় উপাদান হিসাবে ধার্য্য করা হয়। তখন উহারা স্টীলের উপর নিজ প্রভাব স্থাপন করে। স্টীলের ধাতুগত এই বিশদ বিবরণ সর্ব্বদাই জ্ঞাতব্য।

স্টীলকে প্রয়োজন বা ব্যবহারভিত্তিক দুই প্রধান শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

[ক] স্ট্রাক্‌চারাল স্টীল—যন্ত্রাংশ বা কাঠামো প্রস্তুত করণের উপযোগী স্টীল।

[খ] টুল স্টীল— মেসিনের বা হাতের যন্ত্র প্রস্তুত করণের উপযোগী স্টীল।

(ক) স্ট্রাক্চারাল স্টীল ঃ

[অ] কার্ব্বন স্ট্রাক্চারাল স্টীল—

যন্ত্রাংশ বা কাঠামো প্রস্তুত করণের উপযোগী ষ্টিলের ০·৫% এর বেশী কার্ব্বনের প্রয়োজন নেই। বাজারে এরা মাইল্ড স্টীল বলে পরিচিত। এদের মোটামুটি চারভাগ করা যায়।

ক্লাস ওয়ান—	·০৮ থেকে ·১৫%	কার্ব্বন
ক্লাস টু —	·২৫%	"
ক্লাস থ্রি —	·৩৫%	"
ক্লাস ফোর —	·৪৫%	"

ক্লাস ওয়ান ও ক্লাস টু মাইল্ড স্টীলকে সরাসরি হার্ড করা যায় না। ক্লাস টু ষ্টিলকে কেস-হার্ড করা যায়।

গরম অবস্থায় রোলিং-করা সম্ভার যেমন—প্লেট, শীট, রড চ্যানেল. বীম, এ্যাঙ্গেল, টিউব, ওয়্যার, বার এবং হাল্কা ফোর্জিং ইত্যাদিতে কার্ব্বন স্ট্রাক্চারাল স্টীলের প্রচুর ব্যবহার হয়।

[আ] এ্যালয় স্ট্রাক্চারাল স্টীল—

মেটালারজির নূতন নূতন অবদানে স্ট্রাক্চারাল স্টীলে অন্যান্য ধাতু মিশিয়ে স্টীলকে আরও গুণসম্পন্ন করা হয়েছে। এদের গুণগত কারণে বিশেষ বিশেষ প্রয়োজনে ব্যবহার ক া হয়।

নাম	প্রধান এ্যালয় ধাতু
১। করোসন্ রেজিষ্ট্যান্ট— (জীর্ণতা প্রতিরোধী)	ক্রোমিয়ম
২। এ্যাসিড রেজিষ্ট্যান্ট— (অম্ল-জীর্ণতা প্রতিরোধী)	নিকেল, ক্রোমিয়ম ও টাই-টেনিয়াম।
৩। নন্ স্কেলিং— (অম্লজান-জারণ প্রতিরোধী)	নিকেল, ক্রোমিয়ম ও এ্যালুমিনিয়ম।

৪। হীট রেজিষ্ট্যাণ্ট— ক্রোমিয়ম, মলিবডিনাম ও
(উত্তাপ প্রতিরোধী) সিলিকন্।

৫। উইয়র রেজিষ্ট্যণ্ট— ম্যানগানিজ
(ক্ষয়শীলতা প্রতিরোধী) (১১ থেকে ১৩%)

৬। ইলেকট্রিক্যাল— সিলিকন।
(তড়িৎ-উৎপাদনে ট্রানস্‌ফরমার (কাৰ্ব্বন খুব কম)
ডায়নামো প্রভৃতিতে ব্যবহার্য্য)

৭। ম্যাগনেটিক— ক্রোমিয়ম, টাংস্টেন ও কোবল্ট।
(চুম্বক)

(খ) টুল স্টীল :

(অ) কাৰ্ব্বন টুল স্টীল—

যন্ত্র বা টুলস তৈরী করতে ১·৪% থেকে ০·৭৫% কাৰ্ব্বনের স্টীল ব্যবহার হয়। বাজারে এ-টেম্প্যার, বি-টেম্পার, সি-টেম্পার, ডি-টেম্পার, ই-টেম্পার নামে বিভিন্ন রকম মেসিনের বা হাতের যন্ত্র প্রস্তুত করণে নিযুক্ত হয় কাৰ্ব্বন টুল স্টীল।

০·৭৫% কাৰ্ব্বন স্টীল থেকে—ড্রিফটস্, চিজেল, হ্যামার (ছোট) স্লেজ হ্যামার (বড়) প্রভৃতি প্রস্তুত হয়।

০·৮৫%—·৯% কাৰ্ব্বন স্টীল থেকে—ডাই, পাঞ্চ, সিয়ার ব্লেড, নিউম্যাটিক টুলস প্রভৃতি প্রস্তুত হয় এবং

হাই কার্ব্বন ১—১·৪% কার্ব্বন স্টীল থেকে—কাটিং টুলস, ড্রিল, মিলিং কাটার, ব্রোচ, রিমার, ট্যাপ, ফাইল,, বোরিং টুল, গেজ প্রভৃতি প্রস্তুত হয়।

(আ) এ্যালয় টুল-স্টীল—

উচ্চ শ্রেণীর এ্যালয় টুল স্টীলে থাকে বিশেষ ধরণের ধাতু। তাদের গুণে টুল স্টীল বিস্ময়কর ক্ষমতা ধারণ করে। ক্রোমিয়ম,

নিকেল, টাংষ্টেন, মলিবডিন্যম, ভ্যানেডিয়ম, কোবল্ট, টাইটেনিয়ম--এরা যুগান্তকারী ক্ষমতা সংযোজন করেছে স্টীলে। নীচে বিশেষ ধরণের টুলের জন্য প্রয়োজনীয় স্টীলের উল্লেখ করা হল।

১। হাই স্পীড স্টীল (টাংষ্টেন ২২%, ১৮%, ১৪%)—কাটিং টুল।

২। হট-ডাই স্টীল (ট্যাংষ্টেন, ৯%)—ডাই, পাঞ্চ।

৩। নিকেল-ক্রোমিয়ম (নিকেল ১.৩%, ক্রোমিয়ম ০৯%)—ড্রপ ষ্ট্যাম্পিং ডাই।

৪। কার্ব্বন-ক্রোমিয়াম (কার্ব্বন ১.২%, ক্রোমিয়ম ১১.%)—বল বিয়ারিং, বল রেস।

৫। হাই ক্রোমিয়ম (কার্ব্বন ১.৬%, ক্রোমিয়ম ১৩%)—ব্ল্যাঙ্কিং ডাই ও পাঞ্চ।

৬। হাই ম্যানগানিজ (ম্যানগানিজ ১১—১৩%) — ক্র্যাশিং মেশিন অংশ, রেল লাইনের ক্রশিং পয়েন্ট, ড্রেজিং মেসিনের অংশ।

৭। কার্ব্বন স্প্রীং স্টীল (কার্ব্বন .৬%, ম্যানগানিজ ১%)—ল্যমিনেটেড স্প্রীং, অন্যান্য ছোট স্প্রীং।

৮। এ্যালয় স্প্রীং ষ্টীল (সিলিকন ১.৬-২%, কার্ব্বন .৪৫-.৭%)—হেলিক্যাল স্প্রীং।

স্টীলের কতকগুলি মৌলিক ধর্ম্ম—

ডাকটিলিটি—সহজে পরিচালনীয়। বহিঃশক্তির প্রচণ্ড টান ঘটিলেও পদার্থের একটা বাধা দেবার ক্ষমতা গড়ে ওঠে। ইহার জন্য পদার্থের আকারের পরিবর্ত্তন ঘটিলেও পদার্থটি ছিন্নভিন্ন হয় না। পদার্থের এই গুণকে ডাকটিলিটি বলা হয়। পাইপ, তার বা টিউব প্রস্তুত কালীন স্টীলে এই ধর্ম্ম দৃষ্ট হয়।

ম্যালিয়েবিলিটি—এক কথায় নমনীয়তা বলা যায়। সংকোচনের চাপে পদার্থের রূপান্তর ঘটলেও উহার একটা সীমিত ক্ষমতা থাকে যার জন্য ছিন্নভিন্ন না হয়েও এই রূপান্তর সংঘটিত হয়। স্টীলকে যখন ফোর্জ করে ঈপ্সিত রূপে পরিবর্ত্তন করা হয় তখন এই ধর্ম্ম দৃষ্ট হয়।

টাফনেস—পদার্থকে বাঁকাতে গেলে উহার মধ্যে এই ক্ষমতা দৃশ্যমান হয়। কোন পদার্থকে ভাঙতে গেলে যে শক্তি ব্যয় করতে হয় সেই শক্তিই পদার্থটির টাফনেসের পরিমাপ।

কেবলমাত্র কার্ব্বনের উপস্থিতির জন্য স্টীলের কতকগুলি বিশিষ্ট গুণাগুণ দৃষ্ট হয়। যেমন—

১। কার্ব্বন বেশী থাকলে—স্ট্রেংথ, ইলাসটিসিটি ও হার্ডনেস বেশী হবে।

২। ঐ ঐ ঐ —ঠাণ্ডা অবস্থায় কাজ করা বা ওয়েল্ড করা শক্ত হবে এবং ভঙ্গুরতা বৃদ্ধি পাবে।

৩। কার্ব্বন কম থাকলে—ডাকটিলিটি ও ইমপ্যাক্ট স্ট্রেংথ বেশী হবে।

সাধারণ ভাবে স্টীলের দ্রব্যসামগ্রী যখন অকেজো হয়, বিশেষ করে ফেটিগ, ক্রীপ প্রভৃতির জন্য তখন হীট ট্রীটমেণ্ট করা হয়, যেমন—স্ট্রেস্ রিলিভ করা, মেসিনে কাটবার ক্ষমতা বৃদ্ধি করা, হার্ডনেস দেওয়া, টাফনেস দেওয়া, সারফেস হার্ডনেস দেওয়া প্রভৃতি।

স্টীলের আভ্যন্তরীন গঠন ভঙ্গি—

একটা ধাতব বস্তুকে ভাঙ্গলে, ভাঙ্গা টুকরোর উপর দিকে খোলা চোখে দেখা যায় বা অনুবীক্ষণ যন্ত্রে ভাল দেখা যায় দানার মত ধাতুর অতি ক্ষুদ্র উপাদান। দানাগুলি একটি বিশেষ ব্যবস্থায় থাকে এবং তাকে গ্রেণ-এ্যারেঞ্জমেণ্ট বলে। দানাগুলির পরস্পরের বিভিন্নতা স্পষ্ট। দানা বড় হয়, দানা ছোট হয়, বিভিন্ন রকমের

কিম্বা মিশ্রিত অবস্থায় থাকতে পারে। আবার দানা বিশেষ দিক-মুখী হইতে পারে। কাষ্টিং বা ঢালাই হলে বড় বড় এবং মোটা (কোর্স) দানা হয়। পেটাই (ফোর্জিং) হলে অনেক মিহি দানা হবে। ফোর্জিং বা রোলিং লাইনের সমান্তরাল হবে। ভিন্ন ভিন্ন দানা (গ্রেনস্) ভিন্ন ভিন্ন নামে পরিচিত।

ফেরাইট—অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে ষ্টীলকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাবে এক রকম দানাবদ্ধ ক্রিষ্ট্যাল ফর্ম। ইহাদের ফেরাইট বলে, মানে প্রায় শুদ্ধ লোহা। ধর্ম্মে ইহারা খুব নরম এবং ডাকটাইল।

সিমেনটাইট—ইহারা আয়রণ ও কার্ব্বনের যৌগিক (আয়ারণ-কার্ব্বাইড)। দানা হিসাবে সব চেয়ে শক্ত ও ভঙ্গুর।

পারলাইট—মিশ্রিত দানা। লম্বা লম্বা সরু সিমেনটাইটের পাতলা পাতের মত স্তরের চারিপাশ ঘিরিয়া ফেরাইট দানা।

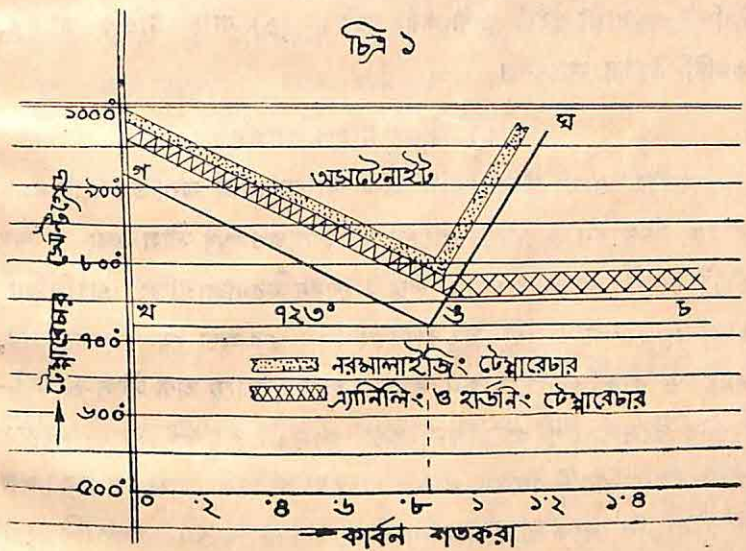
অস্টেনাইট—এফ্ সিসি আয়রণ ও কার্ব্বনের একটা সলিউ-সন্।

মার্টেনসাইট—ষ্টীলের সর্ব্বাপেক্ষা কঠিন অবস্থায় দানার রূপ। একমাত্র গরম করিয়া এস্টেনাইট অবস্থায় লইয়া জলে কোয়েঞ্চিং করিলে এই দানা পাওয়া যায়

বেনাইট—ইহাও পারলাইটের ন্যায় ফেরাইট ও সিমেনটাইটের মিশ্রিত দানা কিন্তু ইহাদের বিন্যাস আলাদা।

ক্রিটিক্যাল টেম্পারেচার ও আয়রণ-কাব্বর্ন ডায়াগ্রাম : যে কোন গ্রেডের কাব্বর্ন ষ্টীলকে গরম করলে তাপবৃদ্ধির সাথে দানার কোনও পরিবর্ত্তন পরিলক্ষিত হয় না। কিন্তু ৭২৩° সেঃ তাপাঙ্কের পর ষ্টীলের মধ্যে বেশ বড় রকমের পরিবর্ত্তন হতে সুরু করে। পারলাইট দানা ক্রমে ক্রমে অসটেনাইট দানায় পরিবর্ত্তিত হয়। এই তাপাঙ্ক ষ্টীলের লোয়ার ক্রিটিক্যাল টেম্পারেচার। যে কোনও কার্ব্বন-ষ্টীলের এই লোয়ার ক্রিটিক্যাল সমান—মানে সবার বেলাই ৭২৩° সেঃ।

আয়রণ কার্ব্বন ইকুইলিব্রিয়াম ডায়াগ্রামে ইহা স্পষ্ট বোঝা যাবে।

যখন কার্ব্বন স্টীলকে ৭২৩° সেঃ অতিক্রম করে আরও তপ্ত করা হবে, অসটেনাইট দানাগুলি বড় বড় হতে থাকবে এবং সংখ্যায় বাড়তে থাকবে। তারপর একটা বিশেষ তাপাঙ্কে ধাতুর মধ্যে কেবল মাত্র অসটেনাইট দানাই থাকবে। এই তাপাঙ্ককে ঐ স্টীলের আপার ক্রিটিক্যাল টেম্পারেচার বলিয়া ধার্য্য করা হয়। হীটট্রিট-মেন্ট এখান থেকেই প্রধান ইঙ্গিত পেয়েছে।

উপরের চিত্রে 'খঙচ' একটি সরল রেখা যাহা ৭২৩° সেঃ তাপাঙ্ক নির্দ্দেশ করছে। এই ৭২৩° সেঃ সকল স্টীলের লোয়ার ক্রিটিক্যাল টেম্পারেচার। যখন স্টীলকে গরম করা হতে থাকে এবং তাপাঙ্ক বাড়তে থাকে তখন ৭২৩° সেঃ অতিক্রম করার সঙ্গে সঙ্গে প্রত্যেক স্টীলে (শতকরা কার্ব্বন হিসাবে) অসটেনাইট দানা হতে থাকে এবং বর্দ্ধিত তাপাঙ্ক যখন 'গঙখ' স্পর্শ করে ততক্ষণ পর্যন্ত এই দানা হতে থাকবে। 'গঙঘ' অতিক্রম করলে স্টীলের সমস্ত দানাই

অসটেনাইটে পরিণত হয়। 'গঙঘ'কে আপার ক্রিটিক্যাল টেম্পা-রেচার বলে।

স্টীলের হার্ডনিং, নরমালাইজিং ও এ্যানিলিং টেম্পারেচার এই আপার ক্রিটিক্যালকে নির্ভর করে নির্দ্দিষ্ট হয়। ইহা উপরের চিত্রে দেখান হয়ছে।

৩। হীটট্রিটমেন্ট ফার্ণেস ও কোয়েঞ্চিং ব্যবস্থা

কাজের প্রকার ভেদের উপর নজর রেখে হীটট্রিটমেণ্টের ফার্ণেসের বৈশিষ্ট অনুযায়ী দুইটি শ্রেণী করা যায়। (১) ব্যাচ টাইপ ফার্ণেস, কনটিনিউয়াস ফার্ণেস।

(১) ব্যাচ টাইপ ফার্ণেস :

বেশীর ভাগ কারখানায় এক ব্যাচে চার্জ্জ করা হয় পার্টস—সাইজ, ডিজাইন ও ওজনে প্রভেদ থাকা সত্ত্বেও শুধু স্টীল এবং নির্দ্দিষ্ট হীটট্রিটমেণ্ট একই হওয়ার জন্য (যেমন নরমালাইজিং, এ্যানিলিং, হার্ডনিং, টেম্পারিং বা কর্বুরাইজিং)। এর জন্য যে টেম্পারেচার, সময় ও প্রস্তুতির প্রয়োজন, হয়তো পরের ব্যাচে অন্য স্টীল ও ট্রিট-মেণ্টের প্রভেদ দরুণ প্রয়োজন অন্য রকম। কাজেই ব্যাচ-ফার্ণেসে প্রতি ব্যাচে একটি প্রভেদ থাকে। এই প্রকার কাজ করার জন্য ব্যাচ-ফার্ণেস থেকে এফিসিয়েন্সি কম পাওয়া যায়। জ্বালানির বা বিদ্যুতের খরচ বাড়ে। যদি অনেক ব্যাচ-ফার্ণেস থাকে তাহ'লে বিশেষ কাজের জন্য এক একটা ফার্ণেস ব্যবহার করা ভাল। একটাতে নর্মালাইজিং, একটাতে হার্ডনিং, একটাতে টেম্পারিং এই রকম ভাবে কাজ করালে প্রডাক্টিভিটি সুষ্ঠু হয়। ছোট ছোট ব্যাচ-ফার্ণেসে হাতে হাতেই লোড করা যায়। বড় বড় পার্টস হীটট্রিটমেণ্ট করার প্রয়োজন হলে কার-বটম্ ফার্ণেস প্রয়োজন। ইহা এক প্রকার বক্স-টাইপ ব্যাচ-ফার্ণেস যার নীচের হার্থ টীতে চাকা লাগান। কেবলমাত্র ট্রলিটা ভিতর-বাহির করা যায়। লোডিং ও আনলোডিং ক্রেণের

সাহায্যে লোড করার সুবিধা থাকে। খুব লম্বা পার্টস হলে গরম করার জন্য পিট্-ফার্ণেস ভাল। লম্বা পার্টস সমান্তরালভাবে গরম করলে বাঁকিয়া যাবার সম্ভাবনা। লম্বভাবে ঝুলিয়ে পিট্-ফার্ণেসে গরম করা অবশ্য কর্তব্য। সেকিং-পিটে এইভাবে বড় বড় লোহার চাঁই (ইনগট) গরম করা হয়।

(২) কনটিনিউয়াস ফার্ণেস :—

কাজ যখন একই রকম থাকে, স্টীল পার্টস ও ট্রিটমেণ্ট যখন একই থাকে, তখন কনটিনিউয়াস হীটিং ফার্ণেস দরকার। একটা স্থায়ী কাজ, স্থায়ী ফার্ণেস। ম্যাস্-প্রডাকসনে এঈ রকম ফার্ণেস ব্যবহৃত হয়।

জ্বালানী ভিত্তিক ফার্ণেসের শ্রেণী বিভাগ করা আছে।

(১) রিভারবিরেটরী ফার্ণেস।

(২) ইলেকট্রিক ফার্ণেস।

(১) রিভারবিরেটরী ফার্ণেস :—

আধুনিক কালে আর কয়লা দিয়ে হীট ট্রিটমেণ্ট ফার্ণেস জ্বালান হয় না। কয়লার ফার্ণেসে তাপ সুসংহত রাখা অতীব কঠিন, সেইজন্য হীটট্রিটমেণ্টও ভাল হয় না। গ্যাস বা ফার্ণেস অয়েল দিয়ে জ্বালানো ফার্ণেসের ডিজাইন সহজ। ছাই পরিষ্কার করার ভাবনা নেই। তাপ নিয়ন্ত্রণে কোন মুস্কিল হয় না। তবে তেলকে প্রয়োজনীয় ঘনত্বে (ভিসকসিটি) রাখা এবং তেল বিল্ডিংয়ের বাহিরে স্টোর করার প্রতি যত্নশীল হতে হবে। শীতকালে স্টীম বা ইমারসন্ হীটার দিয়ে তেল গরম করার ব্যবস্থা রাখতে হবে, না হলে বার্ণারে তেলের প্রবাহ সীমিত হবে। এ বিষয়ে গ্যাস ফার্ণেস শ্রেয়।

(২) ইলেকট্রিক ফার্ণেস :

বিদ্যুৎ যেখানে সুলভ, ইলেকট্রিক ফার্ণেস সেখানে ব্যবহার করা

উচিত। সকল দিক দিয়ে ইলেকট্রিক ফার্ণেস শ্রেষ্ঠ। কমবাশচান্ চেম্বার, বার্ণার, গ্যাস ডাক্ট ইত্যাদির প্রয়োজন নেই। ডিজাইন সেইজন্য অতি সহজ। যেহেতু তাপ নিয়ন্ত্রণে স্বনির্ভর এবং তাপ লোকসান নেই—তাপের পূর্ণ ব্যবহারে ইলেকট্রিক ফার্ণেসের যোগ্যতা প্রশ্নাতীত। তেল বা গ্যাসের ফার্ণেসের চিমনী দিয়ে অনেক তাপ নষ্ট হয়। একই রকম কাজে এফিসিয়েন্সির আনুপাতিক তুলনায় ইলেকট্রিক এবং গ্যাস/তেলের ফার্ণেসের হিসাব ৬৫% ও ১৫%। প্রভেদটী সহজেই অনুমেয়। বিদ্যুৎ ব্যবহারে পরিবেশ স্বাস্থ্যকর ও পরিচ্ছন্ন থাকে।

মাধ্যম হিসাবে হীটট্রিটমেণ্টে এইগুলি ব্যবহৃত হয় ঃ—

(১) তপ্ত হাওয়া (গ্যাস বা তেলের ফার্ণেসের ভিতর)

(৩) বিশেষ রকম গ্যাস (নাইট্রাইডিং)

(৩) নানা রকম লবণ (সল্ট বাথ)

(৪) খনিজ তেল (অয়েল বাথ)

(৫) গুঁড়া কঠিন পদার্থ (কার্বুরাইজিং)

(৬) গলিত সীসা (লেড বাথ)

রিভারবিরেটরী ফার্ণেসে তপ্ত হাওয়া বা গ্যাস রেডিয়েশন ও কনভেকশন পদ্ধতিতে (তপ্ত গ্যাসের স্রোতে স্নাত) পার্টকে গরম করে।

ইলেকট্রিক ফার্ণেসে শুধু রেডিয়েশনে পার্টস গরম হয় কিন্তু একটু দেরীতে। এজন্য ফার্ণেসে ঈলেকট্রিক ফ্যানের বন্দোবস্ত করা আছে তাপকে সুসম বিস্তারের জন্য।

সল্ট বাথ ফার্ণেস—কাষ্ট আয়রণ পাত্রে সল্ট গলিয়ে নেওয়া হয় তেল গ্যাস বার্ণার জ্বালিয়ে। আবার, বিদ্যুৎ সাহায্যে 'ইলেকট্রোড' সল্টের মধ্যে দিয়ে সল্ট গলান হয়। হাইস্পীড ষ্টীল টুলস হার্ডনিং করতে ইলেকট্রোড সল্ট বাথ ব্যবহার করা অবশ্য কর্ত্তব্য।

সল্ট বাথ ব্যবহারের মূল উদ্দেশ্য	সল্ট ও সল্টের মিশ্রণ		টেম্পারেচার সেঃ	
	সল্টের নাম	শতকরা ভাগ	গলাঙ্ক	প্রয়োজনীয় তাপাংশের সীমা
স্প্রিং ও অন্যান্য কার্ব্বনটুলস্ টেম্পারিং	সোডিয়ম নাইট্রেট পটাসিয়াম নাইট্রেট	৫৫ ৪৫	২১৮°	২৩০°—৫৫০°
কার্ব্বন স্টীল ও নিম্ন এ্যালয় স্টীল হার্ডনিং	সোডিয়াম ক্লোরাইড পোড়ান সোডা	৩৫ ৬৫	৬২০°	৬৫০°—৯০০°
উচ্চ এ্যালয় স্টীল হার্ডনিং	সোডিয়াম ক্লোরাইড়	১০০	৮১০°	৮৫০°—১১০০°
হাইস্পীড স্টীলহার্ডনিং	বেরিয়াম ক্লোরাইড	১০০	৯৬০°	১১০০°--১৩৫০°

উপরে সল্ট বাথে ব্যবহার যোগ্য কতকগুলি সল্ট ও সল্টের মিশ্রণ বিভিন্ন কাজের জন্য উল্লিখিত হল।

তেলের বাথ—তেলের বাথ গরম করলে লক্ষ্য রাখতে হবে তেলের ফ্লাসপয়েণ্ট। তেলের বাথে যেন আগুন না ধরে যায়। সাধারণতঃ ব্যবহৃত তেলের ফ্ল্যাস পয়েণ্ট ২৪০°—৩১০° সেঃ এর মধ্যে থাকা উচিত। কৃত্রিম এজিং এর জন্য তেলের বাথের প্রয়োজন হয়। কৃত্রিম এজিং-এ ১৫০° সেঃ তাপ প্রয়োজন। বাথ ইলেকট্রিকের দ্বারা গরম হওয়া বাঞ্ছনীয়।

লেড বাথ ঃ—কাষ্ট আয়রণ পাত্রে সীসা গলিয়ে তরল গলিত সীসায় অনেক হীটট্রীটমেন্ট করা হয়। স্প্রিং টেম্পারিং, অয়েল ব্ল্যাকনিং, লোকাল হার্ডনিং—অনেক কাজ লেড বাথে করা যায়। লেডবাথের প্রধান অসুবিধা হল যে পার্টস গুলি ডুবাইয়া রাখার ব্যবস্থা করা।

ফার্নেসের তত্ত্বাবধানের নির্দেশ ঃ—

নীচে হীটট্রীটমেন্ট ফার্নেসের তদারকির অনুসূচি দেওয়া হল।

দৈনিক, সাপ্তাহিক, মাসিক ও যান্মাসিক ব্যবস্থাগুলি বিষয়ে সচেতন থাকলে ফার্নেসের কর্ম্মক্ষমতা সর্ব্বদাই সঠিক থাকবে।

দৈনিক :

১) প্রত্যহ তাপ মাপবার যন্ত্রগুলি (রেকর্ডার, কণ্ট্রোলার, থার্মোকাপল) পরীক্ষা করতে হবে।

২) বার্নার, ব্লোয়ার, পরিদর্শন করতে হবে।

৩) নিরাপত্তার ব্যবস্থাগুলি পরিদর্শন করতে হবে।

সাপ্তাহিক :

১) তাপ মাপবার যন্ত্রগুলির নির্ভুলতা পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

মাসিক :

১) থার্মোকাপল ক্রমাঙ্কন (ক্যালিব্রেট্) করে নিতে হবে।

২) ফার্নেসের যে সব অংশে তেল বা গ্রীজ দিতে হয়, সেগুলি পরিদর্শন করে নিতে হবে।

যান্মাসিক :

১) ফার্নেসের ভিতরে সকল স্থানেই তাপের সমতা থাকছে কিনা তার একটা নিরীক্ষা করতে হবে।

২) থার্মোকাপল এবং তাপ মাপিবার যন্ত্রগুলি ক্রমাঙ্কন (ক্যালি-ব্রেশন) করতে হবে।

৩) বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি (মোটর, সুইচ ইত্যাদি) পরিষ্কার করে পরিদর্শন করতে হবে।

৪) ফার্নেসের চেম্বার, ফ্লু, ডাক্ট প্রভৃতি স্থানের ফায়ার ব্রিকস (ইট) পরীক্ষা করতে হবে। প্রয়োজন হলে মেরামত করতে হবে।

৫) ফার্নেসের দরজা দিয়ে তাপ ক্ষরণ হচ্ছে কিনা দেখে নিতে হবে।

৬) বার্নার পরিদর্শন, পরিষ্কার এবং সমন্বয়ন করে নিতে হবে।

কোয়েঞ্চিং ব্যবস্থা তত্ত্বাবধানের অনুসূচী :--

(ক) তেলের কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্ক

দৈনিক :

১) ট্যাঙ্কের তেলের তল (লেভেল) পরীক্ষা করে নিতে হবে। লেভেল নেমে গেলে কোয়েঞ্চ করবার সময় বেশী ঝুঁকে কাজ করতে হয়, তাতে দুর্ঘটনা হতে পারে।

২) তেলের তাপ পরীক্ষা করতে হবে।

৩) তেলের সঞ্চলন (সার্কুলেশন) পাম্প এবং তেলের সৃতি (ফ্লো) পরীক্ষা করতে হবে।

সাপ্তাহিক :

১) তেলের কোয়েঞ্চিং হার পরীক্ষা করতে হবে।

২) তেলের মধ্যে কোন কঠিন পদার্থ আছে কিনা দেখে নিতে হবে।

মাসিক :

১) কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্কে জল জমে থাকলে তাকে বাহির করে দিতে হবে, আবর্জনা জমে থাকলে পরিষ্কার করে দিতে হবে।

যান্মাষিক :

১) পাম্প প্রভৃতি পরীক্ষা করতে হবে।

২) তেলের ময়লা ছাঁকা পরিস্রাবক (ফিল্টার) বদলাতে হবে।

৩) তেল সংরক্ষণের স্টোরেজ ট্যাঙ্ক পরিক্ষা করতে হবে। আবর্জনা, জল এবং অন্য কিছু ময়লা থাকলে পরিষ্কার করে নিতে হবে।

৪) তেলের তাপ পরীক্ষার ব্যবস্থাদি পরিদর্শন করতে হবে।

৫) তেলে অন্য প্রকার দূষণের সম্ভাবনা থাকলে পরীক্ষা করে নিতে হবে।

(খ) জলের কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্ক

দৈনিক :

১) জলের তাপ পরীক্ষা করতে হবে।

২) জলের প্রেসার দেখতে হবে।

৩) জলের সঞ্চলন (সার্কুলেশন) পরীক্ষা করতে হবে।

সাপ্তাহিক ঃ

১) ট্যাঙ্কের জল বাহির করে, তলার সমস্ত আবর্জনা পরিষ্কার করতে হবে।

(গ) ব্রাইন (লবনাক্ত জল) কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্ক ঃ

দৈনিক ঃ

১) ব্রাইনের তাপ পরীক্ষা করতে হবে।

২) ব্রাইনের ঘনত্ব পরীক্ষা করতে হবে। প্রয়োজন মনে করলে সমন্বয় করতে হবে।

সাপ্তাহিক ঃ

১) ট্যাঙ্ক খালি করে আবর্জনা পরিষ্কার করতে হবে।

২) পাম্প দেখতে হবে এবং ট্যাঙ্কটিকে পূর্ণ পরীক্ষা করে নিতে হবে।

৩) কোয়েঞ্চিং এ ব্যবহারযোগ্য সমস্ত ট্যাক্‌লস্ (সাঁড়াশী; হুক, স্লিং, জিগস্) পরীক্ষা করতে হবে।

কোয়েঞ্চিং তেলের গুণগত ক্ষমতা সংরক্ষণের ব্যবস্থা ঃ—

কোয়েঞ্চিং এ ব্যবহার হবার মত যোগ্যতা বজায় রাখতে গেলে, তেলের গুণ সংরক্ষণের জন্য ময়লা বা আবর্জ্জনা দূরীকরণের নিম্নলিখিত ব্যবস্থাগুলি নিতে হবে।

১) তেল থেকে স্কেল পরিষ্কার করতে হবে।

২) ময়লা কার্ব্বন, পোড়া তেলের ময়লা বা হার্ড করবার কাজের গায়ে রক্ষণাত্মক কোন আবরণের অংশ—এইসব আবর্জ্জনা তেল থেকে পরিষ্কার করে দিতে হবে।

৩) বালি বা অন্য অদ্রাব্য ময়লা পরিষ্কার করতে হবে।

৪) জল বাহির করে দিতে হবে।

৫) দ্রাব্য পদার্থ যেমন কার্ব্বনডায়ক্সাইড গ্যাস দূর করে দিতে হবে। এই সকল দূষণ থেকে কোয়েঞ্চিং তেলকে মুক্ত রাখতে

গেলে পরিস্রুতি (ফিল্টারিং), বাষ্পীকরণ (ইভাপোরেশন) ও জল নির্গমন (ড্রেনিং) এর ব্যবস্থা করতে হবে। কঠিন পদার্থ দূর করবার জন্য ফিল্টার করতে হবে। জল ড্রেনিং এর জন্য ব্যবস্থা নিতে হবে এবং কার্ব্বন ডায়ক্সাইড দূর করতে তেল গরম করলেই হবে।

কোয়েঞ্চিং তেলের পরিমাপের জ্ঞাতব্য নির্দ্দেশ ঃ—

স্টীলের তাপাঙ্ক ° সেঃ	৮০০	৮৫০	৯০০	৯৫০	১০০০
প্রতি পাউণ্ড স্টীলের প্রতি কোয়েঞ্চেতেল (গ্যালন)	১·০	১·২৫	১·৫	১·৭৫	২·০

কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্ককে যদি ঠাণ্ডা করার কোন ব্যবস্থা না থাকে, তাহলে উপরোক্ত হিসাবে তেল প্রয়োজন। আধুনিক সপে কোয়েঞ্চিং ট্র্যাঙ্ককে জলের জ্যাকেট দিয়ে বা ট্যাঙ্কের তেল পাম্প করে বাহিরে জলের 'স্প্রে' দিয়ে ঠাণ্ডা করে আবার ট্যাঙ্কে নিয়ে আসা হয়। এইভাবে তেলের উপযুক্ত কোয়েঞ্চিং স্পীড রাখা সম্ভব।

৪। হার্ডনিং এবং টেম্পারিং

একখণ্ড স্টীলকে হার্ড করা নীতিগতভাবে খুব সহজ। প্রয়োজন হ'ল ঐ খণ্ডকে গরম করা। নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্ক পৌঁছাইলে দানার পরিবর্ত্তন সম্পূর্ণ হবে এবং সমস্ত আয়রণ কার্ব্বাইড সলিউসনে মিশে যাবে। স্বভাবতই স্টীলকে ততক্ষণই ঐ তাপাঙ্কে রাখতে হবে যতক্ষণ না সব কার্ব্বাইড সলিউসনে মিশে যায়। এই নির্দ্দিষ্ট সময়কালকে 'সোক' বলে। যখন স্টীলে একটা সমতা এসেছে বলে মনে হবে, তখন স্টীলকে খুব দ্রুত ঠাণ্ডা করে নিতে হবে। একে 'কোয়েঞ্চিং' বলে। উদ্দেশ্য সমস্ত কারর্বাইড দানাগুলি যেন স্টীলে সমভাবে ছড়িয়ে থাকতে পারে, আগের মত স্থানে স্থানে দলবদ্ধ না হয়ে যেতে পারে। মূল কথা হল, যত শীঘ্র স্টীলকে ঠাণ্ডা করা হবে তত সুন্দর ভাবে সর্বত্র কার্বাইড

দানা ছড়িয়ে থাকবে এবং স্টীলটি ভাল হার্ড হবে। হার্ডনিং-এর এটি একটি স্পষ্ট খসড়া বলা যেতে পারে। কিন্তু আরও বহু রকম আভ্যন্তরীণ জটিল পরিবর্ত্তন স্টীলের মধ্যে সংঘঠিত হয়। সটীলের সঙ্গে ফার্নেসের আবহাওয়ায় একটা রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্ভব, স্টীলের আকারের বিভিন্নতার জন্য কোথাও সঙ্কোচন, কোথাও প্রসারণ ঘটতে পারে এবং তজ্জন্য 'স্ট্রেস' গড়ে উঠতে পারে। কারিগরকে স্টীলের শরীরের ভিতর প্রবেশ করে জেনে নিতে হবে 'কখন' 'কোথায়' এবং 'কি' ঘটবে—হীট ট্রিটমেণ্ট করতে গেলে। জায়গায় জায়গায় নরম রয়ে গেল, কিম্বা ভঙ্গুর (ব্রিট্‌ল্) থেকে গেল, হার্ডনেসের গভীরতা হল না, চিড় খেয়ে গেল বা স্টীল বেঁকে গেল—এই সব সম্ভাব্য ত্রুটি বুদ্ধিমান ও সতর্ক কারিগর প্রতিটি খুঁটিনাটির দিকে নজর রেখে পরিহার করতে পারবে। নিখুঁত হার্ডনিং করতে হলে দরকার—

স্টীলকে গরম করে যেতে হবে—

১) সঠিক অনুপাতে (ঘণ্টায় ৮০°—১০০° সেঃ হারে) প্রতিক্রিয়াহীন পরিবেশে,

২) ঠিক নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্কে,

৩) সঠিক সময় ধরে (বেশী বা কম নয়) এবং

৪) পরে কোয়েঞ্চ করতে হবে সঠিক গতিতে।

সঠিক তাপাঙ্কে স্টীলকে গরম করে, ডাইমেনসনের প্রতি ইঞ্চি এক ঘণ্টা হিসাবে সোক দিয়ে কোয়েঞ্চ করতে হবে জলে, লবণ-জলে, কোয়েঞ্চিং তেলে, ফোর্সড এয়ার (ব্লোয়ার) কিম্বা সল্ট-বাথের কোন একটাতে। কতক্ষণ কোয়েঞ্চ করা হবে তা পূর্ব্বনির্দ্দিষ্ট হওয়া অভিপ্রেত। সর্ব্বশেষে স্টীলকে সাথে সাথে টেম্পার করে নেওয়া উচিত। কোয়েঞ্চিং স্ট্রেস দূর না করলে ত্রুটি থেকে যাবে।

কারখানায় কাজকর্মে একটা সাধারণ ধারা বা নিয়ম থাকে, যাকে 'সপ্ প্র্যাকটিস' বলে। দেখা গেছে—

ষ্টীল	টেম্পারেচার° সেঃ	কোয়েঞ্চ
কার্ব্বন টুলস্টীল (১·৪%—৬%)	৭৬০°—৮২০°	জল
এ্যালয় টুল স্টীল	৮৪০°—৯০০°	তেল
হাইস্পীড (টাংস্টেন)	১২৫০°—১৩৫০°	ফোর্সড এয়ার
হট-ডাই "	১১৫০°	তেল

উপরোক্ত নিয়মে ভাল ফল পাওয়া যায় হার্ডনিং-এ। অবশ্য পরে নিশ্চয়ই টেম্পার করে নিতে হবে।

হার্ডনিং এর কাজে সর্ব্ব প্রথম একটা নীচের তাপে (সাধারণতঃ ৬৫০° সেঃ) প্রিহীট করে নিতে হবে। এ্যালয় স্টীল তাপ গ্রহণ করে ধীরে। একেবারে সোজাসুজি নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্কে স্টীলকে দিলে অসম তাপগ্রহণ করার জন্য কাজটিতে যথেষ্ট ত্রুটি ঘটতে পারে। সঠিক হারে গরম করা অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। ভালভাবে টুল স্টীলের কাজ করতে গেলে ভিন্ন ভিন্ন টেম্পারেচারের ফার্নেস থাকা অতি আবশ্যকীয়।

হার্ডনিং কাজের পূর্ব্ব প্রস্তুতিঃ—

হার্ডনিং হীটট্রিটমেন্টের একটি সূক্ষ্ম কাজ। পার্টস গরম করবার পূর্ব্বে কিছু অন্যান্য প্রস্তুতির প্রয়োজন। স্টীলে অবাঞ্ছিত উপাদান যেমন টুলসে 'স্কেল' 'তেল' 'গ্রীজ' ইত্যাদি থাকলে খুব ভাল হার্ডনেস পাওয়া যায় না। এজন্য গরম করবার পূর্ব্বে পার্টকে পরিষ্কার করে নিতে হবে। সোডামিশ্রিত গরম জলে তেল বা গ্রীজ পরিষ্কার হবে। স্কেল ও অবাঞ্ছিত ময়লা তারের বুরুশ বা স্যাণ্ড-ব্লাষ্টিং প্রক্রিয়া দ্বারা পরিষ্কার করা যাবে। টুলসে গর্ত (ড্রিল হোল) করা থাকলে জলে কোয়েঞ্চ করা কালীন ঐ স্থান ফেটে যাবার সম্ভাবনা বেশী। সে জন্য গর্ত ভিজা 'এসবেসটস্' কিম্বা সাধারণ মাটি দিয়া ভর্ত্তি করে, তবে গরম করা উচিত। স্ক্রু থ্রেড থাকলেও পূর্ব্বোক্ত সতর্কতামূলক ব্যবস্থা নিতে হবে। ছোট ছোট পার্টস্ স্টীলপ্লেট একসাথে

গরম করে কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্কে বিশেষ 'জালের বাস্কেট' ফেলে কোয়েঞ্চ করা ভাল। ছোট টুল একটু লম্বা হলে (ট্যাপ, ড্রিল. রিমার) 'কোয়েঞ্চিং ফিকশ্চার, তৈরী করে কোয়েঞ্চের ব্যবস্থা করা উচিত। বাঁকিয়া যাওয়া বা অসম হার্ডনেস রোধ করবার জন্য এই সতর্কতা প্রয়োজন। এই সকল কাজের জন্য কারিগর বিশেষ বিশেষ ধরণের সাঁড়াশী, কোয়েঞ্চিং জিগ, হীটিং প্লেট, হুক, স্লিং প্রস্তুত রাখবে। হেলিক্যাল স্প্রিং কোয়েঞ্চিং করবার সময় 'ম্যানড্রিল' লাগিয়ে সমান্তরালভাবে কোয়েঞ্চিং করতে হবে। পূর্ব্বোক্ত সতর্কতাগুলির সাথে স্মরণ রাখতে হবে যে, পার্টস্ ফার্নেসে গরম করবার সময় ৫০০°/৬০০° সেঃ অতিক্রম করার পর অপেক্ষাকৃত দ্রুত গতিতে ফার্নেসের তাপ বাড়াতে হবে নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্কে। ফার্নেসের ভিতর (তেল/গ্যাস) একটু ধোঁয়াটেভাব (রিডিউসিং) রাখলে পার্টসে অযথা স্কেলিং হবে না।

টেম্পারিং :—

হার্ড করা স্টীলে যথেষ্ট হার্ডনেস পাওয়া যায় কিন্তু টেন্সাইল স্ট্রেংথ এবং ইলাসটিসিটি কমে যায়। কোয়েঞ্চিং করার দরুণ স্ট্রেস হয়। এরপর টেম্পারিং করলে হার্ডনেস সামান্য কমলেও টেন্সাইল ও বেনডিং স্ট্রেংথ বৃদ্ধি পায়। টেম্পারিং দ্বারা হার্ড করা স্টীলের স্ট্রেস্ দূরীভূত হবে। টেম্পারিং টেম্পারেচার বাড়ালে স্টীল 'টাফ্' হয়। অর্থাৎ প্রচণ্ড আঘাত সহ্য করতে পারে। যেমন ড্রপ-স্ট্যাম্পিং ডাই বা ল্যামিনেটেড স্প্রিং বেশী তাপে টেম্পার করা হয়। সাধারণতঃ কার্ব্বন টুলস্টীল ২০০°—২৫০° সেঃ, স্প্রিং স্টীল ৩৮০°—৪৫০° সেঃ, হাইস্পীড স্টীল টুলস্ ৫৫০°—৫৬০° সেঃ এবং ড্রপস্ট্যাম্পিং ডাই ৬৩০° সেঃ এ টেম্পার করা ভাল। টেম্পারিং এ কোন কোয়েঞ্চ প্রয়োজন নাই। একমাত্র 'নিকেল-ক্রোম' স্টীল টেম্পার করলে (৪৫০° সেঃ এর উর্দ্ধে) কোয়েঞ্চ করতে হবে। তাহা না হলে 'টেম্পার ব্রিটলনেস্' হবে এবং স্টীল চিড়্ খাবে।

কতকগুলি কাজ হার্ড করার সময় কোয়েঞ্চ করা কালীন স্টীলের নিজস্ব তাপে টেম্পার করা চলে, পুনরায় গরম করতে হয় না। যেমন ছেনী (চিজেল)—ছেনীর প্রয়োজনীয় অংশটুকু কোয়েঞ্চ করে ছেড়ে দিলে টুলের বাকী অংশের তাপ ধীরে ধীরে হার্ড করা অংশকে টেম্পার করে। এই প্রথাকে 'সেলফ্ টেম্পার' বা 'ড্র' করা বলে।

হার্ডনিং করে নিম্ন তাপাঙ্কে টেম্পার করার পরও সব স্ট্রেস্ অপসারণ হয় না। এর জন্য অনেক সময় টুলের সেপ্ ও ডাইমেন-সন্ পরে বদলে যায়। ইহাকে স্বাভাবিক 'এজিং' বলে। এই এজিং বেশী সময় নেয়। হীট ট্রীটমেন্ট করে কৃত্রিম 'এজিং' করে টুলের স্থায়ী 'সেপ' ও ডাইমেনসন্ দেওয়া হয়। হার্ড টেম্পার করা স্টীলকে ১০০°—১৫০° এ গরম করে ১০/২০ ঘণ্টা সোক দিয়ে তারপর ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করতে হয়। ১০০° সেঃ এর নীচে এজিং করতে হলে ফুটন্ত জলে, ১০০° সে এর উপর এজিং করতে হলে 'গরম তেলে' করা উচিত। সব ট্রীটমেন্টটাই খুব ধীরে ধীরে করতে হবে।

টেম্পার করলে স্টীলে একটা অক্সাইডের রং হয় গায়ে, তা'দিয়ে টেম্পারিং টেম্পারেচার বোঝা যায়। ইহা নীচের তালিকায় দেওয়া হল।

টেম্পার রং	টেম্পারেচার
হাল্কা হলদে	২২০° সেঃ
বিচালি হলদে	২৪০° ,,
হলদে বাদামী	২৫৫° ,,
ফোটা ফোটা লাল বাদামী	২৬৫° ,,
হাল্কা বেগুনী	২৭৫° ,,
গাঢ় বেগুনী	২৮৫° ,,
গাঢ় নীল	২৯৫° ,,
হাল্কা নীল	৩১৫° ,,
ধূসর	৩৩০° ,,

৩৩০° সেঃ এর পর আর রং দেখা যায় না। টেম্পার রং স্টীলে ২/৩

মিনিট কাল পর্যন্ত থাকে। সাধারণ কার্বন ষ্টীল বা নিম্ন এ্যলয় ষ্টীলেই ইহা দৃষ্ট হয়।

হার্ডনেস পরীক্ষা :—

সাধারণতঃ কারখানায় 'ফাইল' দিয়ে ঘসে হার্ডনের পরীক্ষা করা হয়। হীটট্রিটার কিন্তু ঐ পরীক্ষায় সন্তুষ্ট হবেন না। ফাইলের সাহায্যে উপরের অবস্থা জানা যায়, হার্ডনেসের গভীরতা জানা যায় না। সেই জন্য প্রচলিত যন্ত্র সাহায্যে হার্ডনেস নিরূপণ করা হয়। 'ব্রিনেল হার্ডনেস', রকওয়েল 'সি' বা সোর মেসিনের নির্দ্দিষ্ট হার্ডনেস অঙ্ক জানা প্রয়োজন। হার্ড ও টেম্পার করে নির্দ্দিষ্ট হার্ডনেস-অঙ্ক ষ্টীলে আনতে হবে।

নিম্নে তুলনামূলক হার্ডনেস অঙ্ক দেওয়া হল—

ব্রিনেল নম্বার	রকওয়েল 'সি'	সোর
৬০১	৫৯	৮১
৫৫৫	৫৬	৭৫
৫১৪	৫২	৭০
৪৭৭	৪৯	৬৫
৪৪৪	৪৭	৬১
৪০১	৪২	৫৫
৩৬৩	৩৯	৫১
৩২১	৩৩	৪৫
২৮৫	২৯	৪০
২৪১	২১	৩৫

তাপ পরীক্ষা :

হীট ট্রিটমেণ্টের প্রত্যেক কাজ একটা নির্দিষ্ট তাপাঙ্কে করতে হয়। এই জন্য সর্ব্বদাই তাপ মাপবার যন্ত্রের সাহায্য অপরিহার্য। টেম্পারেচার রেকর্ডার, ইণ্ডিকেটর, থার্মোমিটার, অপটিক্যাল পাইরো-মিটার এবং কিছু না থাকলে টেম্পারেচার কালার চার্ট অবশ্য প্রয়োজনীয়।

প্রচলিত টুলসের হার্ডনেস অঙ্ক—

টুলসের নাম	সোর নম্বার	ব্রিনেল নম্বার
ড্রপ ফোর্জিং ডাই (ছোট)	৪৯-৫৬	৩৭৫-৪৩০
ঐ (মাঝারি)	৪৫-৪৭	৩৪০-৩৭৫
ঐ (বড়)	৪০-৪৫	২৯৫-৩৪০
বেণ্ডিং ডাই	৬৭-৬৯	৫০০-৫২৫
ব্ল্যাঙ্কিং ডাই	৭৯-৮২	৬২৫-৬৪৫
হেডিং ডাই (ঠাণ্ডা কাজ)	৭৪-৭৫	৫৬৫-৫৮০
ঐ ঐ (গরম কাজ)	৫৬-৬৫	৪২৫-৪৮৫
গ্রিপিং ডাই	৬৫-৬৮	৪৮৫-৫১৫
চিজেল (ঠাণ্ডা কাজ)	৭২-৭৪	৫৪০-৫৭৫
ঐ (গরম কাজ)	৬৫-৬৮	৪৮৫-৫১৫
ড্রিফট	৭২-৭৪	৫৪০-৫৬০
হ্যামার হেড	৭৪-৭৬	৫৭০-৫৯০
স্ক্রু ড্রাইভার	৭২-৭৪	৫৩৫-৫৬০
স্প্যানার	৪৭-৫০	৩৭৫-৩৯৫
চাক 'জ'	৭২-৭৬	৫৪০-৫৯০
লেদ সেণ্টার	৮৩-৮৯	৬৬০-৭০০
ব্ল্যাঙ্কিং পাঞ্চ (ঠাণ্ডা কাজ)	৭৬-৭৭	৫৯০-৬১৫
ঐ ঐ (গরম কাজ)	৬৫-৬৮	৪৮৫-৫১৫
পিয়ারসিং পাঞ্চ (গরম কাজ)	৫৫-৫৯	৪২৫-৪৪৫
সীসার ব্লেড	৭৩-৭৬	৫৫৫-৫৯০
হাইস্পীড স্টীল টুলস্	৮০-৮৫	৬৩০-৬৫০
স্প্রিং (ছোট)	৬২-৬৫	৪৬০-৪৮৫
ঐ (মাঝারি)	৫৬-৬২	৪৩৫-৪৬০
ঐ (বড়)	৫০-৫৪	৩৯০-৪১৫

কার্ব্বন (টুল ও স্ট্রাকচারাল) স্টীলের হীটিং ও হোলডিং টাইম :—

হার্ডনিং-এর সময় উপরোক্ত স্টীল পার্ট'স্ কতক্ষণ ফার্নেসে গরম করে নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্কে নিয়া যাওয়া উচিত (হিটিং টাইম) এবং কতক্ষণ নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্কে সোক দেওয়া উচিত (হোলডিং টাইম) তার একটা প্রচলিত নির্দ্দেশ দেওয়া হল। মনে রাখতে

হবে (হিটিং+হোলডিং) টাইম এর বেশী সময় স্টীলের পক্ষে ক্ষতিকর।

এ্যালয় স্টীলের বেলায় হিটিং টাইম (২৫—৫০)% বাড়িয়ে নিতে হবে।

পার্টসের ঘনত্ব ব্যাস :	গ্যাস বা তেলের ফার্নেস		সল্ট বাথ	
(মিলিমিটার)	হিটিং টাইম মিঃ	হোল্ডিং টাইম মিঃ	হিটিং টাইম মিঃ	হোল্ডিং টাইম মিঃ
২৫	২০	৫	৭	৩
৫০	৪০	১০	১৭	৮
৭৫	৬০	১৫	২৪	১২
১০০	৮০	২০	৩৩	১৭
১২৫	১০০	২৫	৪০	২০
১৫০	১২০	৩০	৫০	২৫
২০০	১৬০	৪০	৬৫	৩৫

৫। এ্যানিলিং/নরম্যালাইজিং

ইঞ্জিনিয়ারিং শিল্পে এ্যানিলিং এর প্রচলন খুব ব্যাপক এবং গুরুত্বপূর্ণ। উদ্দেশ্য স্টীলকে নরম করা, অসম স্ট্রাকচার দূর করা, দানা বিশুদ্ধ করা এবং সর্বোপরি স্টীলকে পরবর্ত্তী হীটট্রিটমেণ্টের উপযোগী করা।

স্টীলকে এ্যানিল করতে হলে আপার ক্রিটিক্যাল টেম্পারেচারের কিছু উপরে (চিত্র ১ দ্রষ্টব্য) গরম করে নিয়ে, অতি ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করে নিয়ে আসতে হবে একেবারে বাহিরের আবহাওয়ার তাপাঙ্কে। ধীরে ঠাণ্ডা করার দরুণ অস্টেনাইট দানা ফেরাইট পারলাইট দানায় পরিবর্ত্তিত হয়। (০·৩—০·৪)% কার্ব্বন স্টীল নরম্যালাইজিং এর চেয়ে এ্যানিলিং বাঞ্ছনীয়, কারণ এ্যানিলিং দ্বারা মেসিনে কাটবার যোগ্যতা বৃদ্ধি হয় এবং স্ট্রেস দূরীকরণ আরও ভাল হয়।

রোলিং, ফোর্জিং, ষ্ট্যাম্পিং, ওয়েলডিং প্রভৃতি কার্য্যের পর স্টীলে দানা কোর্স বা মোটা হয়ে যায়। নরমালাইজিং করা হয়

এই মোটা দানা (কোর্স গ্রেন) অপসারণ করিবার জন্য। নরমালাইজ করলে ষ্ট্রেংথ বাড়ে (এ্যানিলিং এর চেয়ে), ষ্ট্রেস অপসারিত হয়। ষ্টীলকে আপার ক্রিটিক্যাল এর উপর গরম করে (চিত্র ১ দ্রষ্টব্য) অল্প সোক দিয়ে বাহিরের আবহাওয়ায় ঠাণ্ডা করে নিতে হবে। এ্যানিলিং এর চেয়ে দ্রুত ঠাণ্ডা হওয়ার দরুণ ষ্টীলের ষ্ট্রেংথ বৃদ্ধি হয় এবং অপেক্ষাকৃত হার্ড থাকে। সে জন্য, নরমালাইজ করলে—ঈপ্সিত মেকানিক্যাল প্রপার্টিজের উন্নতি হয়। এ্যানিল করলে—মেসিনে কাটবার ক্ষমতা বৃদ্ধি ও আভ্যন্তরীণ ষ্ট্রেস দূর হয়। এ্যানিলিং বা নরমালাইজিং করার পরে ষ্টীলের গ্রেন বা দানার উন্নতি সাধন হয়।

নিম্নে এ্যানিল এবং নরম্যালাইজ করা কার্ব্বন ষ্টীলের তুলনামূলক হার্ডনেস তালিকা প্রদত্ত হল—

ব্রিনেল হার্ডনেস নাম্বার—

অবস্থা	লো-কার্বন	মিডিয়াম	হাই-কার্ব্বন	টুল-ষ্টীল
এ্যানিল করা	১২৫	১৬০	১৮৫	২২০
নরম্যালাইজ করা	১৪০	১৯০	২৩০	২৭০

৬। কেস হার্ডনিং

ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে অনেক সময় ষ্টীলের উপরিভাগ শক্ত ও ক্ষয়হীনতার এবং অভ্যন্তরে টাফ্‌নেসের প্রয়োজন হয়। উদাহরণ স্বরূপ যানবাহনের 'গোস্‌ন পিন' ধরা যেতে পারে। পিন্‌কে যেমন বেয়ারিং এর স্থানে ওজন ধরে থাকতে হবে তেমনি ঘর্ষণ দরুণ ক্ষয় বন্ধ করতে হবে। ০·২% কম কার্ব্বনের স্টীল 'টাফ' হবে ভিতরে এবং ০·৯% কাবর্বন স্টীলকে উপযুক্ত হার্ড করলে ক্ষয়হীনতা আসবে উপরে।

এই অবস্থায় কম কার্ব্বনের ষ্টীলকে কার্ব্যুরাইজ করে নিয়ে পরে হার্ড করলে উপরোক্ত ঈপ্সিত প্রেপার্টিজ পাওয়া যায়। সাধারণতঃ 'প্যাক-কার্ব্যুরাইজিং' হল প্রচলিত প্রথা। কাষ্ট আয়রণ ষ্টীলের

বাক্সের মধ্যে মাইল্ড স্টীলের দ্রব্যগুলিকে কার্বুরাইজিং মশলার সহিত প্যাক করে বাক্সটিকে ঢাকনা দিয়ে চারিপাশে ভিজা মাটি দিয়ে জুড়ে দিতে হবে। গরম করা কালীন বাক্সের ভিতর থেকে যাতে গ্যাস বের না হয়ে যায় এইদিকে দৃষ্টি রাখতে হবে। ঠাণ্ডা ফার্নেসে বাক্সটিকে ভরে ধীরে ধীরে গরম করে যেতে হবে। ৮৬০°—৯৫০° সেঃ হচ্ছে প্রয়োজনীয় তাপাঙ্ক। এই তাপাঙ্কে গ্যাসের কার্ব্বন স্টীলের মধ্যে অনুপ্রবেশ করে এবং উপরিভাগে প্রায় ০·৮৫% পর্যন্ত কার্ব্বন যোগ করে। এর জন্য প্রায় ৮/১০ ঘণ্টা সোক দিতে হবে। মসলাটি সাধারণতঃ সক্রিয় কাঠ কয়লা ৭০ ভাগ এবং সোডিয়াম কার্ব্বোনেট ও বেরিয়ম কার্ব্বোনেট মিশিয়ে তৈরী হয়। এরপর দ্রব্যগুলি সাধারণভাবে মিডিয়ম কার্ব্বন ষ্টীলের মত [৭৬০°—৭৮০°] সেঃ তে হার্ড করলে বাহিরে হার্ড এবং ভিতরে [কোরে] টাফ্ থাকবে। দরকার মনে করলে টেম্পার [১৮০°—২০০°] সেঃ এ করা উচিত। নীচে কেস গভীরতা ও হোলডিং টাইমের একটা তালিকা দেওয়া হল।

কার্বুরাইজিং টেম্পারেচার ৯২০°/৯৩০° সেঃ—

গভীরতা	হোল্ডিং টাইম	গভীরতা	হোল্ডিং টাইম
০·৪—০·৭ মিমি	৪—৫ ঘণ্টা	১·৪—১·৮মিমি	১১ ১/২-১৬ ঘণ্টা
০·৬—০·৯ ,,	৫ ১/২-৬ ১/২ ঘঃ	১·৬—২ ,,	১৪—১৯ ,,
০·৮—১·২ ,,	৬ ১/২—১০ ঘঃ	১·৮—২·২ ,,	১৬—২২ ,,
১—১·৪ ,,	৮—১১ ১/২ ঘঃ	২- ২·৪ ,,	১৯—২৪ ,,
১·২—১·৬ ,,	১০—১৪ ঘঃ		

সায়ানাইডিং ও কার্ব্বোনাইট্রাইডিং :—

সায়ানাইডিং ও কার্ব্বোনাইট্রাইডিং—কেস হার্ডনিং এর আর এক প্রকার প্রথা। ইস্পাতকে কার্ব্বন ও নাইট্রোজেন এর ঘনিষ্ঠ পরিবেশে গরম করলে ইস্পাতের মধ্যে কার্ব্বন ও নাইট্রোজেন প্রায় ২ মিমি স্তর পর্য্যন্ত অনুপ্রবেশ করে। এরপরে ইস্পাতের কাজটিকে হার্ড ও টেম্পার করে নিতে হবে। কাজটির উপরিভাগ হার্ড এবং ক্ষয়শীলতা-প্রতিরোধী হবে। সায়ানাইডিং প্রথায় কার্বুরাইজিং প্রথার চেয়ে

সময় অনেক কম লাগে। সরাসরি কাজটিকে হার্ড করা যায়। এই কারণে দ্রুত উৎপাদনে এই প্রথা সহায়ক। নিম্ন কার্বনের যন্ত্রাংশ বিশেষতঃ মোটর গাড়ী বা স্কুটারের পার্টস (বোল্ট, গিয়ার, স্ক্রু, শাফট্, শ্লীভ, ক্যাম, পিন্ ইত্যাদি) কেস হার্ড করতে হলে সায়ানাডিং করে ভাল ফল পাওয়া যায়। সোডিয়াম সায়নাইড, পটাসিয়াম সায়ানাইড ও পটাসিয়াম ফেরো সায়ানাইডের মিশ্রণ, বাথে গরম করে সাধারণতঃ ৮২০°--৮৭০° সেঃ এ গলিয়ে তরল করতে হবে। যন্ত্রাংশটি নির্দ্দিষ্ট সময় পর্য্যন্ত বাথে নিমজ্জিত করে রেখে পরে তেলে কোয়েঞ্চ করতে হবে। সাধারণতঃ এই প্রথায় কেস গভীরতা ০·১ থেকে ০·৩ মিমি রাখা উচিত। যদি বেশী কেস গভীরতার প্রয়োজন হয় তাহলে বাথের তাপাঙ্ক বাড়িয়ে দিতে হবে। ৯০০°/৯৪০° সেঃ এর বাথে প্রায় ১·৫ মিমি থেকে ২ মিমি কেস গভীরতা পাওয়া যায়। নিম্নে ৮২০°/৮৪০° সেঃ এর সায়ানাইড বাথে কাজ করলে প্রাপ্তব্য কেস গভীরতা ও নিমজ্জন সময়ের একটা নির্দ্দেশিকা দেওয়া হল।

কেস-গভীরতা	নিমজ্জন সময়
০·১ মিমি	১০ মিনিট
০·১৫ ,,	২০ ,,
০·২০ ,,	৪০ ,,
০·২৫ ,,	৬০ ,,
০·৩০ ,,	৯০ ,,
০·৪০ ,,	১৮০ ,,

সায়ানাইড সল্ট বিষাক্ত বলে নিরাপত্তার জন্য কতকগুলি নির্দিষ্ট উপদেশ পালন করতে হবে। এই সব সতর্কতা সকলকে মানতে হবে।

১] সায়ানাইড বাথের চারিপাশে ঢাকনা থাকবে এবং গ্যাস বাহির হবার সুষ্ঠু ব্যবস্থা থাকবে। পরিবেশে বাথ চলাচলের সুব্যবস্থা রাখতে হবে।

২) সায়ানাইড সল্ট ওজন করা, বাথে সল্ট ঢালা, যন্ত্রাংশ বাথে নিমজ্জিত করা বা তুলে নেওয়া এবং তেলে কোয়েঞ্চ করার সময় কারিগর সর্ব্বদাই রবারের দস্তানা পরে কাজ করবে।

৩) যন্ত্রাংশ বা কাজের সাঁড়াশী ইত্যাদি শুষ্ক থাকবে। কারণ গরম বাথে জল পড়লেই গলিত সায়ানাইড সল্ট ছিটকে শরীরে লাগবে।

৪) যে ঘরে সায়ানাইডিং এর কাজ হবে সেখানে কোন রকম আহার, পান বা ধূমপান নিষিদ্ধ।

৫) কাজের শেষে ঘর থেকে বাহির হবার পূর্বে কারিগর সাবান দিয়ে হাত ধুয়ে ফেলবে।

৬) শরীরের বাহিরাবরণ কোন বস্ত্র ঘরের বাহিরে নিয়ে যাওয়া নিষিদ্ধ।

৭) সায়ানাইড বাথে কাজ করার সাঁড়াশী ইত্যাদি অন্য বাথে ব্যবহার করা চলবে না। অথবা অন্য বাথে ব্যবহার করা সাঁড়াশীর সায়ানইাড বাথে ব্যবহার করা চলবে না। এতে বিস্ফোরণের ভয় আছে। এই সতর্কতা অবশ্য পালনীয়।

৮) তেলে যন্ত্রাংশটি কোয়েঞ্চ করার পর এ থেকে সায়ানাইড সল্ট প্রশমন (নিউট্রালাইজ) করে নিতে হবে। যন্ত্রাংশের গায়ে লেগে থাকা সল্ট হতে আর কোন বিষ প্রতিক্রিয়ার ভয় থাকবে না।

প্রশমন (নিউট্রালাইজিং) ট্যাঙ্কে 'ফেরাস সালফেট' সলিউসন থাকে (৩-৫%) স্ট্রেংথের। যন্ত্রাংশটি ৫-১০ মিনিট ডুবিয়ে রাখতে হবে। এরপর (৬০°—৮০°) সেঃ এর একটি গরম জলের বাথে যন্ত্রাংশটি ৫মিঃ ডুবিয়ে রেখে ভাল করে ধুয়ে নিতে হবে। এখন যন্ত্রাংশ সম্পূর্ণ নিরাপদ বলে ধরা যেতে পারে। রকমারী ডিজাইন বা সেকসনের কাজ এবং রকমারী কেস গভীরতার কাজ হলে একসাথেই একই সায়ানাইড বাথে হীট ট্রীটমেন্ট করা যায়। সেদিক থেকে সায়ানাইড বাথ প্রথা খুব সুবিধাজনক।

কার্ব্বোনাইট্রাইডিং :

যদি একই রকমের কাজ এবং একই কেস-গভীরতার প্রয়োজন হয় ও কাজটি ম্যাস-প্রডাকসনের প্রয়োজন হয়, সেক্ষেত্রে গ্যাস সায়ানাইডিং (কার্বোনাইট্রাইডিং) প্রথা উত্তম ব্যবস্থা। এ্যামোনিয়া ও কার্ব্বুরাইজিং গ্যাসের মিশ্রণের পরিবেশে ফার্ণেসে ইস্পাতের যন্ত্রাংশকে গরম করলে কার্ব্বন ও নাইট্রোজেন যন্ত্রাংসের উপরিভাগের স্তরে অনুপ্রবেশ করে। (৭০—৮০)% ঘনফলের পরিমাপ কার্ব্বুনরাইজিং গ্যাস ও (৩০—২০)% ঘনফলের পরিমাপ এ্যামোনিয়া গ্যাসের মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। তাপাঙ্ক (৮২০°—৮৫০°) সেঃ ০·১ মিলিমিটার কেস-গভীরতার জন্য প্রায় ১ ঘণ্টা সোক দিতে হয়। দেখা যাচ্ছে **সমান কেস-গভীরতায়** 'গ্যাস-সায়ানাইডিং' 'বাথ-সায়ানাইডিং' এর চেয়ে অনেক মন্থর। সুবিধা এই যে এখানে সরাসরি করিগরের সায়ানাইডের ঘনিষ্ঠতা নেই সুতরাং নিরাপত্তার ব্যবস্থা যথেষ্ট বিশদ করবার প্রয়োজন নেই। সায়ানাইড করা কেস্, হার্ড করলে প্রায় ৬৫০ ব্রিনেল হার্ডনেস পাওয়া যায়।

৭। কাষ্ট-আয়রণ [ঢালাই লোহা] এর হীট ট্রিটমেণ্ট :

কাষ্ট-আয়ারণ বা ঢালাই লোহা হল লোহা ও কার্ব্বনের মিশ্রণ। ঢালাই লোহায় ২%—৪·৫% কার্ব্বন থাকে। ইহা ছাড়া সিলিকন, ম্যানগানিজ, ফসফরাস ও সালফার থাকে প্রায় ইস্পাতের মতই। কার্ব্বন থাকে দুই ভাবে।

১) যৌগিক কার্ব্বন—'সিমেনটাইট'

২) মৌলিক কার্ব্বন—'গ্রাফাইট'

যে কাষ্ট-আয়রণে শুধু যৌগিক কার্ব্বন থাকে তাকে, হোয়াইট কাষ্ট-আয়রণ বলে। যে কাষ্ট-আয়রণে বেশীর ভাগ মৌলিক কার্ব্বন থাকে এবং অল্প যৌগিক কার্ব্বন থাকে তাকে গ্রে কাষ্ট-আয়রণ বলে।

গ্রে কাষ্ট আয়ারণ :—মেশিন প্রভৃতির মূল কাঠামো গ্রে কাষ্ট-

আয়ারণ দিয়ে প্রস্তুত হয়। এজন্য মেশিন নির্মাণের কারখানায় গ্রে কাষ্ট-আয়রণ এ্যানিলিং করবার প্রয়োজন হয়। ঢালাই করবার সময় ছোটখাট ক্রুটিবিচ্যুতির জন্য ঢালাই কাজের উপরিভাগ শক্ত (চিল্ড) হয়ে যায়। কাজটিকে মেশিনে কাটবার সুবিধার জন্য এ্যানিল করে নিতে হবে। গ্রে কাষ্ট আয়ারণের ঢালাই কাজের হার্ডনেস কমাতে এবং মেশিনে সহজে কাটবার উপযোগী করতে কাজটিকে একটি ফার্নেস [৮৫০°—৯৫০°] সেঃ তাপে ১—২ ঘণ্টা সোক দিয়ে পরে ঠাণ্ডা করে নিতে হবে। যে সিমেনটাইট (যৌগিক কার্ব্বন) এর দরুণ 'চিল্ড' হয়েছে ঢালাই, সেই সিমেনটাইট-এই এ্যানিলিং করার দরুণ বিয়োজিত হয়ে যায় 'ফেরাইট' ও 'গ্রাফাইটে'। মৌলিক কার্ব্বন [গ্রাফাইট] পাওয়া যাবে বেশী ঢালাই কাজটিতে, ফলে মেশিনে কাটতে সুবিধা হবে। ছোট ছোট পাতলা ঢালাই কাজ এইভাবে এ্যানিল করতে গেলে বেঁকে যেতে পারে। এজন্য ছোট ছোট কাজ স্টীলের ট্রেতে কাষ্ট-আয়ারণের 'ড্রিলিংস' এর সাথে ভর্ত্তি করে এ্যানিলিং করলে ভাল ফল হয়।

গ্রে কাষ্ট-আয়রণে প্রস্তুত রোলার, বুস, চেন, হুইল, পিস্টন, রিং—হার্ডনিং এবং টেম্পারিং করা হয় ক্ষয়শীলতারোধী করার জন্য। কাষ্টিং বস্তুটি একটি ফার্নেসে (৮০০°—৯০০°) সেঃ এ গরম তেলে কোয়েঞ্চ করতে হবে। পরে ৩৫০°/৪৫০° সেঃ এ টেম্পার করে নিতে হবে ১ ঘণ্টা সোক দিয়ে। হার্ডনেস পাওয়া যাবে ৩০০—৩৫০ ব্রিনেল হার্ডনেস নাম্বার।

ক্ষেরয়ডাল গ্রাফাইট কাষ্ট-আয়ারণঃ—

আধুনিক প্রথায় গ্রে কাষ্ট আয়ারণের কাজে আরও শক্তির মান বৃদ্ধি করার জন্য তরল গলিত কাষ্ট আয়ারণে ঠিক ছাঁচে ঢালবার পূর্ব্বে কিছু 'ফেরোসিলিকন' ও 'ম্যাগনিসিয়ামের'র গুঁড়া দেওয়া হয়। ঢালাই কাজটি এই প্রথায় আরও শক্তিশালী হয়। ইহাতে ঢালাই এর দানা উপগোলক (ক্ষেরয়ডাল) গ্রাফাইটে পরিণত

হয়। 'ফেরয়ডাল গ্রাফাইট কাষ্ট আয়ারণ' একটি উচ্চ শক্তিশালী কাষ্ট আয়ারণ। একে এ্যানিল করে নিলে ডাকটিলিটি ও টাফ্‌নেস বাড়ে। ফার্ণেসে ৯০০°-৯৫০° সেঃ এ ধীরে ধীরে গরম করে ১-৩ ঘণ্টা সোক দিতে হবে। তাপ কমিয়ে ৭০০°-৭২০° সেঃ এ পুনরায় ১/৩ ঘণ্টা সোক দিয়ে ঠাণ্ডা করে নিতে হবে। প্রকরণটি অনবচ্ছেদ অর্থাৎ একটানা করে নিতে হবে।

ম্যালিয়েবল কাষ্ট আয়ারণঃ—

গ্রে কাষ্ট আয়ারণে ডাকটিলিটি ও টাফ্‌নেস পর্য্যাপ্ত নয়। ২·৫-২·৮% কার্ব্বন আছে এমন হোয়াইট কাষ্ট আয়ারণকে এ্যানিল করে নিলে কম গ্রাফাইট হওয়ার দরুন কাষ্ট আয়ারণের মেকানিক্যাল প্রপার্টিজ খুব উন্নত হয়। এইমত এ্যানিল করা হোয়াইট কাষ্ট আয়ারণকে 'ম্যালিয়েবল কাষ্ট আয়ারণ' বলে। এসব কাষ্ট আয়ারণে ১%এর বেশী সিলিকন এবং ০·৫% এর বেশী ম্যানগানীজ থাকবে না। হোয়াইট কাষ্ট আয়ারণকে ম্যালিয়েবল কাষ্ট আয়ারণ করতে হলে দুই ধাপে এ্যানিল করতে হবে। প্রথম ধাপে (৯০০°-৯৫০°) সেঃ-এ এ্যানিল করতে হবে, সময় নেবে প্রায় ৩৫ ঘণ্টা, তার মধ্য থেকে সোক ১৮-১৯ ঘণ্টা, বাকিটা 'হিটিং টাইম'। পরের ধাপে ফার্ণেসের তাপ নির্দিষ্ট তাপাঙ্কে নেমে এলে (৭৬০°-৭২০°) সেঃ, সোক চলবে আবার প্রায় ২৫/২৬ ঘণ্টা। এই প্রথায় সবশুদ্ধ সময় নেবে প্রায় তিনদিন। ম্যালিয়েবল কাষ্ট আয়ারণে 'ফেরাইট', 'গ্রাফাইট' ও 'পারলাইট' থাকার জন্য গ্রে কাষ্ট আয়ারণের চেয়ে মানে উন্নত হয়।

লোহা ছাড়া অন্যান্য ধাতুর হীট ট্রিমেণ্ট—

তামা/এ্যানিলিংঃ—

অন্যান্য শুদ্ধ ধাতুর মত তামা এ্যানিলিং করাই চলে। ৫০০°-৭০০° সেঃ এ গরম করে অল্প সোক দিয়ে জলে ঠাণ্ডা করলে স্ট্রেস্ রিলিভ হবে। এবং উপরিভাগ পরিষ্কার হয়ে যাবে।

এ্যাসিড দ্বারা পরিষ্কার না করে তামা এইভাবে এ্যানিল করাই শ্রেয়।

পিতল/এ্যানিলিংঃ—

পিতলের অনেক জিনিস (ক্যাপ, কার্তুজ কেস, আলোর ক্যাপ, পাইপ, রড গুদাম ঘরে থাকা কালীন আপনা থেকেই চিড়্ খেয়ে যায়। ইহাকে 'সিজন্ ক্র্যাকিং' বলে। এইসব পিতলের বস্তুকে ৩০০° সেঃ-এ এক ঘণ্টা সোক দিয়ে এ্যানিল করলে স্ট্রেস দূর হয়ে যাবে। ব্যবহার কালীন চিড়্ খেয়ে যাবে না। হার্ডনেস কমে যাবে অল্প কিন্তু 'ক্র্যাকিং' এর ভয় থাকে না।

ব্রোঞ্জ এ্যানিলিং ঃ—

ব্রোঞ্জের জিনিস ব্রাইট এ্যানিলিং করা হয় সুসংরক্ষিত ফার্নেস পরিবেশে ৪০০°—৬০০° সেঃ-এ।

বেরিলিয়াম—কপার (তামা) এ্যালয় ঃ—

ব্রাইট এ্যানিলিং করা হয় ৭৭৫°—৮০০° সেঃ এ এবং পরে জলে কোয়েঞ্চ করতে হয়।

হার্ড্নিং করতে হলে এ্যানিল করার পরই ২৫০°—৩২৫° সেঃ এ গরম করতে হবে।

এ্যালুমিনিয়ম ঃ—

পিওর এ্যালুমিনিয়ম এ্যানিল করা হয় ২৫০°—৫২০° সেঃ-এ। ফোর্জ করা, রোল করা সম্ভার ৩৫০°—৫৪০° সেঃ এ গরম করাই ভাল।

এ্যালুমিনিয়মের অন্যান্য এ্যালয় থেকে প্রস্তুত শীট রড, টিউব, তার ইত্যাদি এ্যানিল করতে হয় ২৫০°—৪০০° সেঃ এ।

সলিউসন্ ট্রিটমেণ্ট—৪০০°—৫৬০° সেঃ এ

প্রেসিপিটেশন হার্ডনিং—১০০°—২০০° সেঃ-এ

স্ট্রেস্ রিলিভিং—১০০°—২০০° সেঃ এ

সিকেল-সিলভার :—

১০%—৩০% নিকেলের (কপার-নিকেল-জিঙ্ক) এ্যালয় এ্যানিল করা হয় ৬৫০°—৮০০° সেঃ সেঃ এ।

ম্যাগনিসিয়াম :—

পিওর ম্যাগনিসিয়াম এ্যানিল করা হয় ১৮০°—৪০০° সেঃ এ।

নিকেল :—

পিওর নিকেল এ্যানিল করা হয় ৬০০°—৮০০° সেঃ এ।

মোনেল মেটাল এ্যানিল করা হয় ৬৫০°—৮০০° সেঃ এ।

সিলভার (রূপা) :—

রূপা এ্যানিল করা হয় ৬০০°—৮০০° সেঃ এ।

৯। হাইস্পীড স্টীল টুল হার্ডনিং :—

কার্ব্বন স্টীল বা নিম্ন এ্যালয় স্টীলের টুল হার্ডনিং এর প্রথা থেকে হাইস্পীড স্টীলের টুল হার্ডনিং প্রথার যথেষ্ট পার্থক্য আছে এবং ইহা গুরুত্বপূর্ণ। হাইস্পীড স্টীলের তাপ-পরিবাহিতা (থার্মাল কন্ডাকটিভিটি] খুব কম, অর্থাৎ গরম হতে অনেক দেরী লাগবে। এজন্য টুল গরম করতে হবে ধাপে ধাপে। ছোট হাইস্পীড টুলস্ প্রথম ৮০০°—৮৫০° সেঃ এ প্রীহীট করে নিতে হবে। পরের ধাপে অন্য ফার্নেসে বা বাথে ১২৫০°—১৩৫০° সেঃ-এ স্থায়ী হার্ডনিং তাপে গরম করতে হবে। বড় আকারের টুলস্ তিন ধাপে গরম করতে হবে। এর জন্য ভিন্ন ভিন্ন ফার্নেস বা বাথ নির্দ্দিষ্ট তাপাঙ্কে প্রস্তুত রাখতে হবে।

প্রথম প্রীহীট—৩১০°—৩৫০° সেঃ এ

দ্বিতীয় প্রীহীট—৮০০°—৮৫০° সেঃ এ

শেষে ফার্নেসে বা বাথে—বেরিয়ম ক্লোরাইড বাথই সর্ব্বোৎকৃষ্ট। নির্দ্দিষ্ট তাপে গরম করতে হবে। প্রয়োজনের অতিরিক্ত 'হোল্ডিং টাইম' দিলে টুলের কার্ব্বন নষ্ট হবে এবং দানা বেশী বড় হবে। সেজন্য মাঝে মাঝে টুল পরীক্ষা করতে হবে কেমন রং নিচ্ছে।

টুলের রঙ্ যখন বাথ সল্টের বা ফার্নেসের রঙের সাথে মিলে যাবে তখন টুল কোয়েঞ্চ করতে হবে। ব্লোয়ারের হাওয়া, তেল বা নাইট্রেট-সল্ট বাথে কোয়েঞ্চ করা চলবে। নাইট্রেট-সল্ট বাথের তাপ ৪০০°—৬০০° সেঃ-এ রাখতে হবে। তেলে কোয়েঞ্চ করলে টুল প্রথম ১০০০° থেকে ৯০০° সেঃ-এ তাপ নামিয়ে তারপর তেলের ট্যাঙ্কে ডোবাতে হবে। তেলের কোয়েঞ্চিং-এ এই সতর্কতা না নিলে টুলে চিড় খাবে। তেলে থাকা কালীন যখন টুলের গায়ে অল্প অল্প ধোঁয়া উঠতে থাকবে, অর্থাৎ টুলের তাপ যখন প্রায় ১৫০°—২০০° সেঃ —সেই সময় তেল থেকে উঠিয়ে নিয়ে বাহিরে ঠাণ্ডা করতে হবে। সবশেষে টুল ৫৫০°—৫৬০° সেঃ এ টেম্পার করতে হবে। সবশেষে টুল ৫৫০°—৫৬০° সেঃ-এ টেম্পার করতে হবে। হার্ডনেস পাওয়া যাবে প্রায় ৬৪০/৬৮০ ব্রিনেল হার্ডনেস নাম্বার। পুরাণো বা ব্যবহৃত হাইস্পীড টুলকে পুনরায় হার্ড করতে হলে প্রথমে টুলটি এ্যানিল করে নিতে হবে।

১০। স্টেনলেস এবং হীট রেজিষ্ট্যান্ট স্টীল হার্ডনিং ও টেম্পারিং :

স্টীম টারবাইন ব্লেড, ছুরী, কাঁচি, অন্যান্য ফিটিংস, তেলের পাম্প ভালভ পার্টস ইত্যাদি তৈরী হয় কার্বন (০·১৫%) ও ক্রোমিয়ম [৪—১২]% স্টীল থেকে। এদের হার্ড ও টেম্পার করতে হলে নিম্নলিখিত প্রকরণে করা যাবে।

১। প্রীহীট করতে হবে ৭৯০°—৮২০° সেঃ এ।

২। হার্ড করতে হবে ৯৫০°—১০০০° সেঃ এ।

ঠাণ্ডা করতে হবে ব্লোয়ারের হাওয়ায়।

৩। টেমপার করতে হবে ১৭৫°—৭৫০° সেঃ এ।

পকেট ছুরি, কাঁচি, ডাক্তারি শল্য-চিকিৎসার শস্ত্র ইত্যাদি প্রস্তুত হয় কার্ব্বন [০·৫৫—১]% ও ক্রোমিয়ম [১৫—১৮]% স্টীল থেকে। এদের হার্ড ও টেমপার করতে হলে—

১) প্রীহীট করতে হবে ৭৯০°—৮২০ সেঃ এ।

২) হার্ড করতে হবে ৯৯০°—১০৫০° সেঃ এ।

৩) টেমপার করতে হবে ১৭৫°—৪২৫° সেঃ এ।

কতকগুলি ট্রিটমেন্ট নির্দ্দেশ নীচে দেওয়া হল—

স্টীল	ট্রীটমেন্ট ° সেঃ	কোয়েঞ্চ	টেম্পার ° সে
১. ০·২৫% কার্বন	নরমালাইজিং ৮৮০		
২. ০·৫%কার্বন স্প্রীং	হার্ডনিং ৮০০-৮৩০	জল	৩৭০-৪৫০
৩. ১% কার্বন স্প্রীং	হার্ডনিং ৭৮০-৮০০	তেল	৩৫০-৪৫০
৪. ০·৫% কার্বন স্প্রীং তার	হার্ডনিং ৮০০-৮৩০	জল	২৩৫-৩৫০
৫. ০·৯-১·১% কার্বন স্প্রীং স্পাইরাল	হার্ডনিং ৮৫০-৮৭৫	তেল	৪৫০-৫০০
৬. ০·৫% কার্বন ১·৫-২% সিলিকন ল্যামিনেটেড	ফর্গিং ও হার্ডনিং ৯০০-৯৫০	তেল	৪৮০-৫৪০
৭. ০·৫% কার্বন ১·৫-২% সিলিকন-ল্যামিনে-টেড রেলওয়ে স্প্রীং	ফর্গিং ও হার্ডনিং ৯০০-৯৫০	তেল	৪৫০-৫৫০
৮. ৯-১০% টাংস্টেন হট-ডাই স্টীল	প্রীহীট ৭৮০ হার্ডনিং ১১০০-১১৫°	ফোর্সড এয়ার	৬০০-৭০০
৯. ১৪% টাংস্টেন হাই-স্পীড স্টীল	প্রীহীট ৮৫০ হার্ডনিং ১২৮০	,,	৫৫০
১০. ১৮% টাংস্টেন হাই-স্পীড স্টীল	প্রীহীট ৮৫০ হার্ডনিং ১৩০০	,,	৫৬০
১১. ২২% টাংস্টেন হাই-স্পীড স্টীল	প্রীহীট ৮৫০ হার্ডনিং ১৩৫০	,,	৫৬০

১১) হার্ডনিং পরবর্ত্তী দোষ ত্রুটি :—

হার্ডনিং-উত্তর ষ্টিলে নানাভাবে নানারকম দোষ ত্রুটি এসে যায়। নিম্নে প্রধান ত্রুটিগুলি দেওয়া হল—

১) অক্সিডেশন ও ডিকার্বুরিজেশন।

২) কোয়েঞ্চিং এর পর চিড় খেয়ে যাওয়া।

৩) বাঁকিয়া যাওয়া।

৪) আয়তন পরিবর্ত্তন।

৫) নির্দ্দিষ্ট মেকানিক্যাল প্রপার্টিজ না পাওয়া।

৬) স্থানে স্থানে নরম থেকে যাওয়া।

১। গরম করবার সময় ফার্ণেসে গ্যাস, হাওয়া বা তরল সল্টের বাথে ষ্টিল পার্টসের উপরের অংশের সাথে প্রতিক্রিয়া জনিত আয়ারন অক্সাইডের একটা পাতলা স্তর তৈরি হয়। ইহাকে স্কেল বলে।

[ক্রিটিক্যাল তাপাঙ্কের নিম্নে] ষ্টীলের সিমেনটাইট-কার্ব্বন অক্সিজেনের সাথে প্রতিক্রিয়ায় কার্ব্বনডায়ক্সাইড হয় আর [ক্রিটিক্যাল তাপাঙ্কের উপরে] অসটেনাইট কার্ব্বন অক্সিজেনের সাথে কার্ব্বন-ডায়ক্সাইড করে। একই সঙ্গে দুই প্রক্রিয়ার ফলে পার্টসের উপরের আয়ারন এবং কার্ব্বনের অপচয় হয়ে থাকে। এই দিকে নজর না রাখলে ষ্টীলটি একেবারে অকেজো হয়ে যাবে। আধুনিক হীটট্রিটমেন্ট সপে তাপ পরীক্ষা এবং নিয়ন্ত্রণের জন্য রেকর্ডার ও কনট্রোলার অপরিহার্য। ফার্নেস সামান্য ধোঁয়াটে ভাবে [রিডিউসিং] গরম করলে বা সামান্য কাঠ-কয়লা ষ্টীল পার্টসের সাথে দিয়ে গরম করলে অক্সিডেশন প্রতিরোধ করা যায় কিন্তু ডিকার্বুরিজেশন নিরোধ করা যায় না। তবে সল্ট-বাথে গরম করলে ইহা কম হয়।

২ ৩ ও ৪। আভ্যন্তরীন ষ্ট্রেসের দরুন এইসব ত্রুটি উদ্ভূত হয় এবং ইহাদের নিরোধ কল্পে নানা প্রকার কোয়েঞ্চিং প্রক্রিয়া গ্রহণ করা কর্ত্তব্য। গরম করার সময় দ্রষ্টব্য যে ফার্নেসের ভূমি যেন সমতল থাকে।

৫ ও ৬। প্রাত্যক পার্টস হার্ডনিং এর পর পরীক্ষা করা উচিত। হার্ডনেস যদি নির্দ্দিষ্ট অঙ্কের নীচে থাকে তাহলে বুঝতে হবে যে, (ক) পর্য্যাপ্তভাবে দ্রুত ঠাণ্ডা করা হয় নাই কোয়েঞ্চিং এর সময়। কোয়েঞ্চিং মধ্যম গরম ছিল বা অপরিষ্কার ছিল।

(খ) সোকিং এর সময় নিরুপণ ঠিক হয় নি।

(গ) হার্ডনিং তাপাঙ্ক সঠিক হয় নি।

ফার্নেস থেকে কোয়েঞ্চিং ট্যাঙ্ক অনেক সময় দূরে অবস্থানের জন্য তাপের অপচয় হওয়ায় হার্ডনেস কম হয়। ডিকার্বুরিজেশনের জন্য স্থানে স্থানে নরম হতে পারে। কোয়েঞ্চিং এর সময় পার্টসকে খুব দ্রুত নাড়ান উচিত (উপর নীচে কিম্বা আশে পাশে)।

কোয়েঞ্চিং-এ আভ্যন্তরীন স্ট্রেস (চাপ) সৃষ্টি :—

কোয়েঞ্চিং এর সময় পার্টস ঠাণ্ডা হয় অসমান ভাবে। উপরের ভাগ দ্রুত ঠাণ্ডা হয়, মধ্যভাগ ঠাণ্ডা হয় অপেক্ষাকৃত মন্থরভাবে। ফলে এই অসম তাপের অবস্থা সৃষ্টির দরুন স্টীলের মধ্যে স্ট্রেস (চাপ) উদ্ভূত হয়। উপরি ভাগ ঠাণ্ডা হওয়ার দরুন সঙ্কুচিত হয়, মধ্যভাগ সেই সময়ে অপেক্ষাকৃত কম সঙ্কুচিত হয়। এর ফলে স্টীলের মধ্যভাগে কমপ্রেশন সৃষ্টি হয় এবং উপরিভাগে টেন্‌শনের জন্য উদ্ভূত হয় একটা স্ট্রেস। ইহাকে 'থারম্যল স্ট্রেস্' বলে। এই উদ্ভূত স্ট্রেসের জন্য পার্টস বেঁকে বা চিড়্ খেয়ে যেতে পারে। ইহাকে পরিপূর্ণ ভাবে দূর করা না গেলেও কিছু সাবধানতা গ্রহণ করলে অনেক পরিমান ত্রুটিমুক্ত কাজ করা সম্ভব।

কার্ব্বন স্টীলের টুলস অনেক সময় খানিক জলে, খানিক তেলে কোয়েঞ্চ করে দেখা গেছে ভাল ফল হয়।

বড় বড় হ্যামার ডাই কিছুক্ষণ জলে ঠাণ্ডা করে, তুলে নিয়ে বাহিরের খোলা হাওয়ায় ঠাণ্ডা করে পুনরায় জলে ঠাণ্ডা করা হয়। এই প্রকার বার কতক জলে এবং খোলা হাওয়ায় ঠাণ্ডা করলে আভ্যন্তরীন স্ট্রেসের প্রভাব কমান যায়। তবে এইরকম কোয়েঞ্চ পূর্ণ হার্ডনেস দেবে না। মেশিন পার্টস এবং টুলস এর যদি কম হার্ডনেস প্রয়োজন হয় তখন এই রকম প্রক্রিয়া বাঞ্ছনীয়।

ছোট ছোট টুলস ২০০°—২২০° সেঃ তাপের সল্ট বাথে কোয়েঞ্চ করে (অল্প সময়) পরে হাওয়ায় ঠাণ্ডা করলে এই অবাঞ্ছিত স্ট্রেসের

হাত থেকে রক্ষা পাওয়া যায়। এ ক্ষেত্রে তিনটি বিষয় মনে রাখতে হবে।

১। তপ্ত তরল সল্টবাথে কোয়েঞ্চ ২০০—২২০° সেঃ করে,

২। নির্দ্দিষ্ট সময়ের পরই বাথ থেকে উঠিয়ে,

৩। খোলা হাওয়ায় ঠাণ্ডা করা।

এই প্রথায় জটিল ডিজাইনের নানা প্রকার ক্রস-সেকশনের কার্ব্বন, এ্যলয় বা হাইস্পীডের টুলস্ হার্ড করলে ভাল ফল পাওয়া যায়।

*　　*　　*

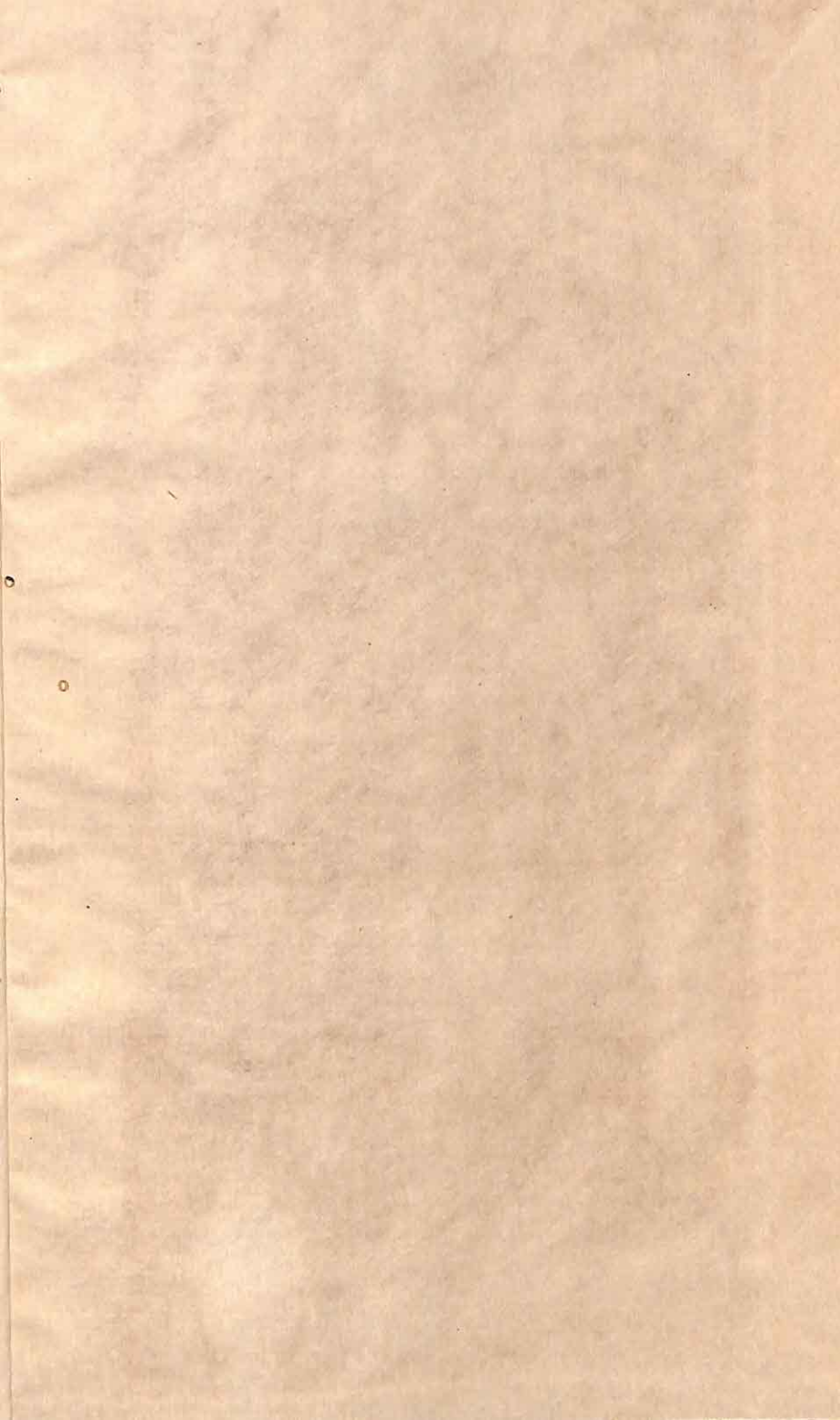
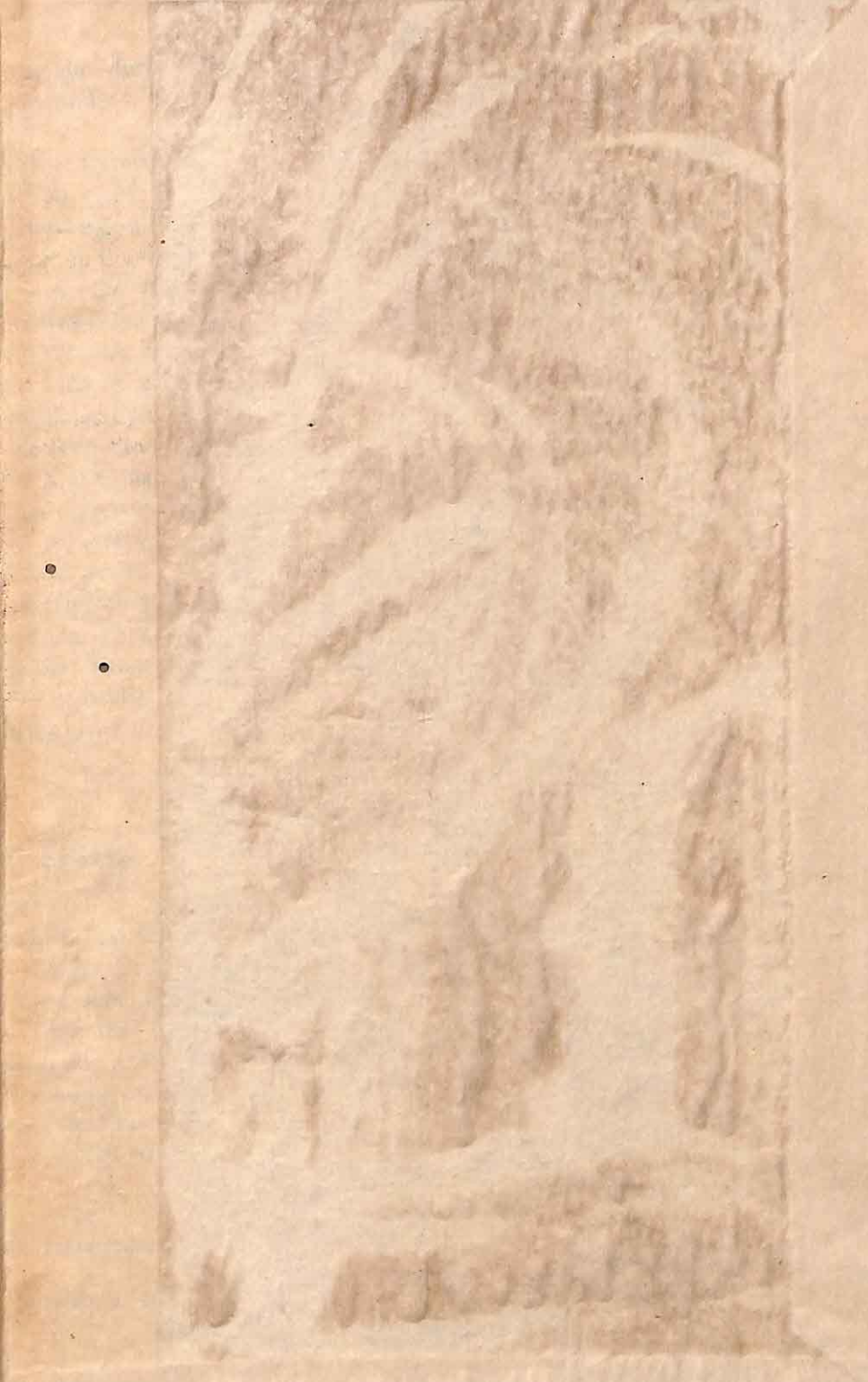
নিম্নলিখিত পুস্তক গুলি থেকে যথেষ্ট তথ্য সংগৃহীত হয়েছে ঃ

"Metals Handbook" 1939 ed, Ameriacan Society for Metals, Cleaveland, Ohio.

"Heat Treatment of Metals"— B. Zakharov, Foreign Language Publishing House, Moscow. Translated from Russian by N. Ivlev.

"The Heat Treaters Pocket Book"--Wilds Barfield Electric Furnaces Ltd., Otterspool Way, Watford By-Pass, Watford, Herts, England.

"Engineering Physical Metallurgy"— Prof. Y. Lakhtin. Foreign, Language Publishing House, Moscow. Translated from Russian— Nicholas Weinstein.

"Engineering Metallurgy" Raymond A. Higgins B. Sc. (Birm) ; F. I. M. Applied Physical Metallurgy for the Technical College series. The English University Press Ltd. 102 Newgate Street London E. C. I.

আরো বই

মৌলিক, ক্ষিতীশচন্দ্র—প্রাচীন পূর্ববঙ্গ গীতিকা
৬ষ্ঠ ও ৭ম খণ্ড — প্রতিখণ্ড—২০.০০

মুখোপাধ্যায়, আনন্দময়—রামায়ণ-যুগে ভারত সভ্যতা — ১০.০০

দাশ, প্রফুল্লকুমার—শিবনাথ শাস্ত্রীর অপ্রকাশিত
বক্তৃতা ও স্মারকলিপি — ১০.০০

রায়, জীমূতবাহন—গ্রন্থালয় সঞ্চালন — ২০.০০

চৌধুরী, রাধারঞ্জন—শ্রীমদ্ভাগবতম্—শ্রীশ্রীবৃন্দাবনলীলা — ৪০.০০

সাহা, ধীরেন্দ্রনাথ—বৈষ্ণব পদাবলী—পদ ও পদকার — ১২.৫০

দাশগুপ্ত, চারুচন্দ্র—পাহাড়পুরের বিবরণ— — ৫.০০
সচিত্র। প্রাচীন ভারতের স্থাপত্য-শিল্পের
একটি নিদর্শনের বিবরণ।

মিত্র, অমলেন্দু—রাঢ়ের সংস্কৃতি ও ধর্মঠাকুর— — ১৫.০০
সচিত্র গবেষণা (রবীন্দ্র পুরস্কার প্রাপ্ত)।

ফার্মা কে. এল. মুখোপাধ্যায়
কলিকাতা :: ১৯৭৫